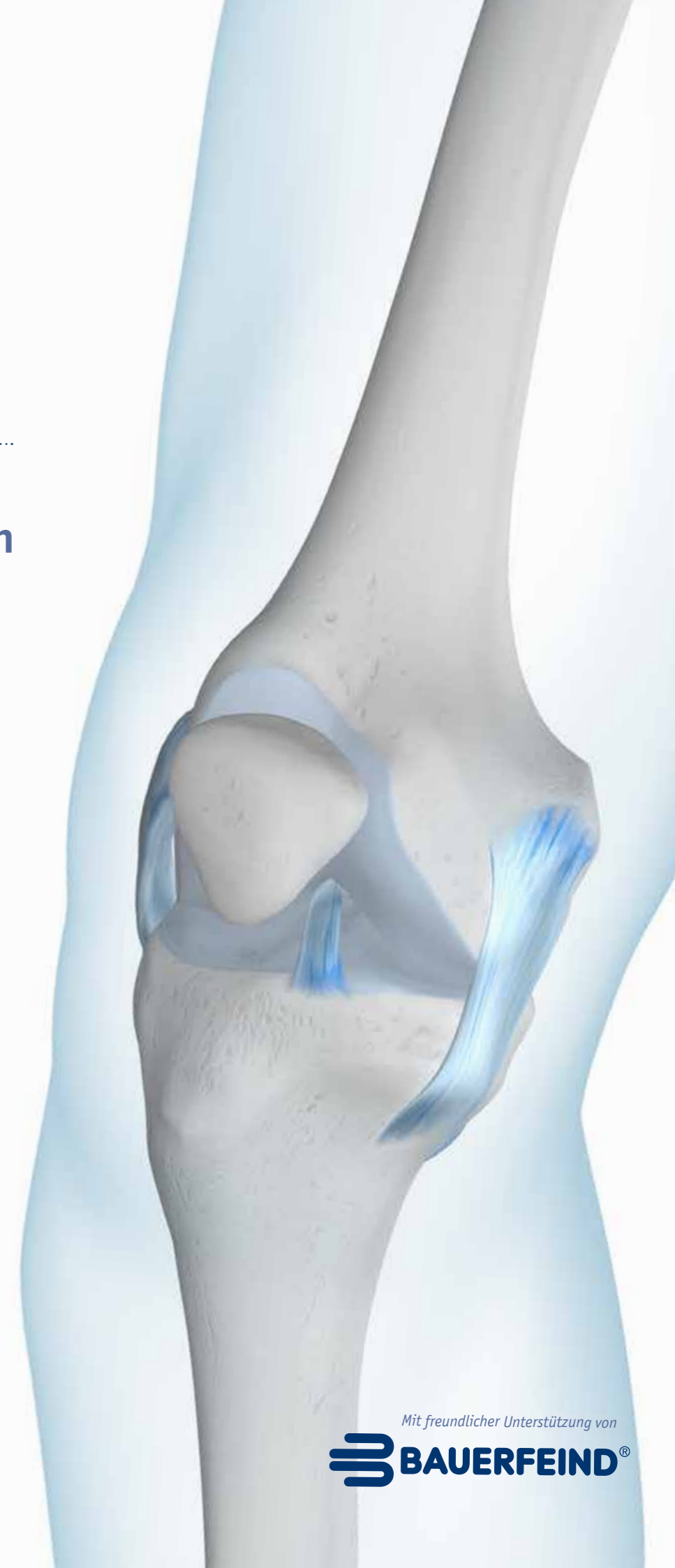


**Zertifizierte  
CME-Fortbildung**  
.....  
**Kniegelenk  
und Propriozeption**



Rev. 0 - 05/11\_19100060-401001

# Kniegelenk

**Modul 1:**  
**Das Kniegelenk: Diagnostik und Therapie**

**Modul 2:**  
**Propriozeption in der Praxis**

## Impressum

### **Autor:**

Prof. Dr. med. Stefan Sell  
Chefarzt Klinik für Endoprothetik und Gelenkchirurgie  
Sana Gelenk- und Rheumazentrum Baden-Württemberg  
König-Karlsstraße 3  
75323 Bad Wildbad

### **Redaktionelle Mitarbeit:**

Dr. Martina Reitz  
KW medipoint, Köln

### **Layout:**

Tim Willenbrink  
CreativePixel, Bad Honnef

### **Veranstalter:**

CMEmedipoint, Nürnberg

Mit freundlicher Unterstützung der Bauerfeind AG, Zeulenroda-Triebes.  
Der Sponsor nimmt keinen Einfluss auf die zertifizierte Fortbildung.

## Inhaltsverzeichnis

### Modul 1: Das Kniegelenk: Diagnostik und Therapie

1. Einführung	3
2. Epidemiologie	3
3. Anatomie des Kniegelenks	3
4. Charakteristische Symptomatik bei Knieproblemen	5
5. Diagnostik	6
5.1 Klinische Untersuchungen	6
5.2 Bildgebende Verfahren	10
6. Therapie des vorderen Kreuzbandrisses	10
6.1 Ruptur des vorderen Kreuzbandes	10
6.1.1 Konservative versus chirurgische Therapie	10
6.1.2 Blick in die Zukunft	12
6.2 Seitenbandriss	12
6.3 Meniskusriss	12
6.4 Gonarthrose	12
7. Fazit	13
8. Literatur	14

Lernkontrollfragen Modul 1	15
----------------------------	----

### Modul 2: Propriozeption in der Praxis

1. Einleitung	17
2. Propriozeptoren – sensible Strukturen der Propriozeption	17
3. Was ist Propriozeption?	19
3.1 Bedeutung der Propriozeption für den Bewegungsapparat	19
3.2 Zusammenwirken von Gelenkstabilität, motorischer Kontrolle und Propriozeption	19
4. Funktion und Wirkungsweise von Bandagen und Orthesen	20
4.1 Einsatz von Bandagen und Orthesen bei Arthrose/Arthritis	21
4.2 Einsatz von Bandagen und Orthesen bei akuten Verletzungen sowie in der Rehabilitation	22
4.3 Prävention von Sportverletzungen mit Bandagen	22
5. Fazit	22
6. Literatur	23

Lernkontrollfragen Modul 2	24
----------------------------	----

### Auswertung und Evaluation der Module

Auswertung der Lernerfolgskontrolle des Fortbildungsmoduls 1	29
Evaluation des Fortbildungsmoduls 1	31
Auswertung der Lernerfolgskontrolle des Fortbildungsmoduls 2	33
Evaluation des Fortbildungsmoduls 2	35

## Modul 1: Das Kniegelenk: Diagnostik und Therapie

Prof. Dr. med. Stefan Sell

Chefarzt Klinik für Endoprothetik und Gelenkchirurgie  
Sana Gelenk- und Rheumazentrum Baden-Württemberg

König-Karlstrasse 3

75323 Bad Wildbad

Phone: +49-7081-173-561

Fax: +49-7081-173-569

Email: gelenkzentrum@sana-wildbad.de

VNR: 2760909004644470016

Gültigkeitsdauer: 01.09.2013 – 01.09.2014

### 1. Einführung

Kniegelenkbeschwerden sind ein zunehmendes gesundheitliches Problem. Dabei stellt die Arthrose mit steigendem Alter die häufigste Erkrankung des Kniegelenks dar. So sind nahezu 15% der Patienten in orthopädischen Praxen davon betroffen. Auch bei den Allgemeinmedizinern gehört die Gonarthrose zu den häufigen Diagnosen. Hier belegt sie immerhin Rang 13 [Gesundheitsberichterstattung (GBE) der Länder 2010]. Oftmals führen Sportverletzungen, etwa der Bänder oder des Meniskus, zu frühzeitigem Verschleiß und degenerativen Veränderungen des Kniegelenks. Deswegen sind eine frühzeitige Diagnostik und adäquate Behandlung von Knieverletzungen eine wichtige Arthrose-Prophylaxe.

Anliegen dieser Fortbildung ist es, die häufigsten Ursachen von Kniegelenkbeschwerden – Ruptur des vorderen Kreuzbandes, Meniskusläsionen sowie Gonarthrose – und deren Behandlung näher zu beleuchten.

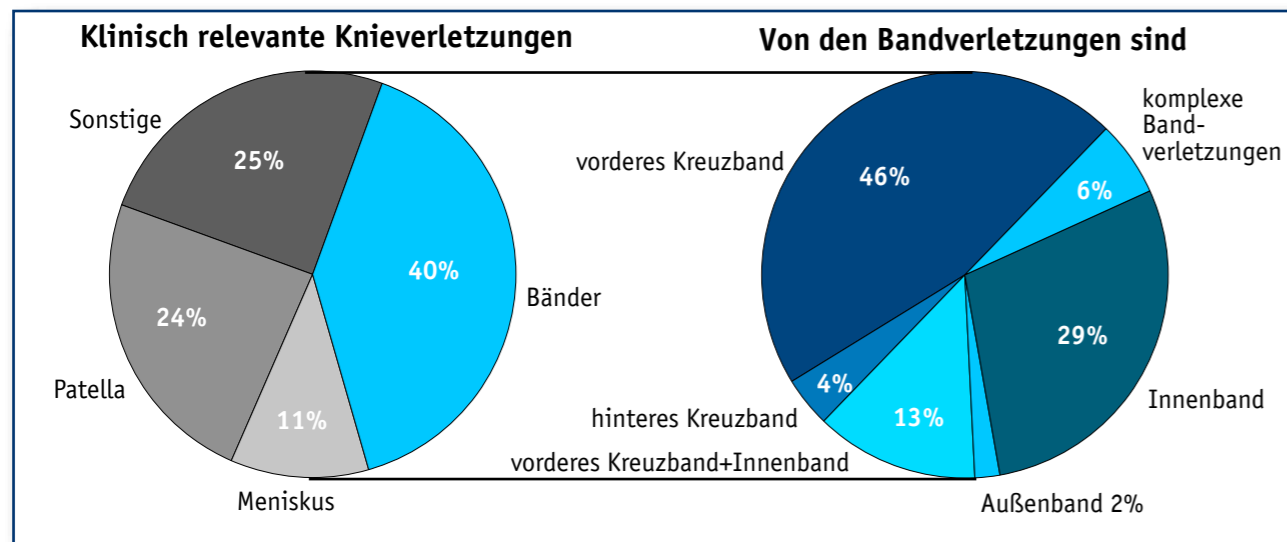
### 2. Epidemiologie

Betrachtet man alle klinisch relevanten Knieverletzungen, so sind etwa 40% Bandverletzungen [Bollen 2000, Nicholl 1991]. Zwei Drittel der Bandverletzungen sind Kreuzbandrisse – zu 46% isoliert das vordere Kreuzband und zu 4% isoliert das hintere (Abbildung 1, Seite 4). In den USA werden jedes Jahr etwa 75.000 Kreuzbandrupturen registriert

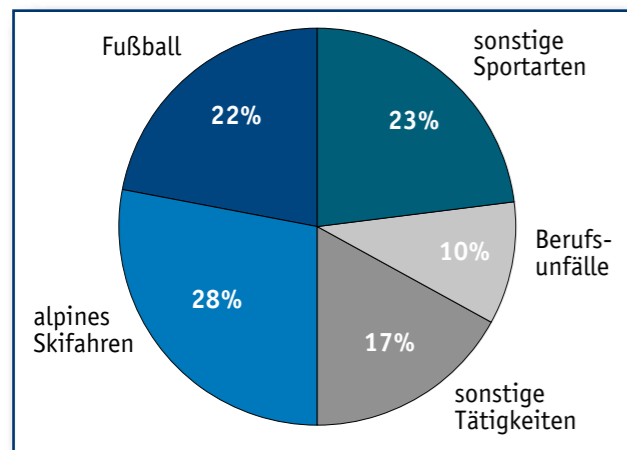
[Garrick und Requa 2000]. Diese Zahl entspricht einer Inzidenz von einer Verletzung auf 3.500 Einwohner. Etwa 70% der Kreuzbandrupturen ereignen sich beim Sport in einem Lebensalter zwischen 15 und 45 Jahren.

Am häufigsten kommen Kreuzbandrupturen in Sportarten mit Sprüngen und plötzlichen Drehbewegungen vor, vor allem bei alpinem Skifahren und Ballsportarten wie Fußball, Handball und Basketball (Abbildung 2, Seite 4). Ungefähr 70% der Verletzungen entstehen ohne direkte Beteiligung eines Mitspielers in so genannten Nicht-Kontakt-Situationen [Teitz 2000]. Dabei ist die Inzidenz von Kreuzbandrupturen bei weiblichen Athleten deutlich höher als bei männlichen [Renström et al. 2008, Petersen et al. 2005]. Offenbar sind geschlechtsspezifische neuromuskuläre Unterschiede sowie geschlechtsspezifische Bewegungsmuster wesentliche Faktoren für diesen Unterschied. Ab dem 50. Lebensjahr gehen Kreuzbandrupturen bei beiden Geschlechtern stark zurück [Renström et al. 2008].

Anders als Kreuzbandrisse werden Meniskusläsionen nicht in erster Linie durch Unfälle, sondern durch Verschleiß hervorgerufen. Schon eine einzige falsche Bewegung oder ein leichtes Trauma kann zum Riss eines Meniskus führen, wenn ein entsprechender Verschleiß vorliegt. Bei jungen Menschen sind es aber tatsächlich (Sport)Unfälle, die Meniskusläsionen verursachen. Ursache ist meist eine Rotationsbewegung in Kombination mit einer axialen Belastung. Aufgrund der



**Abbildung 1:** Anteil der Bänderverletzungen an den klinisch relevanten Knieverletzungen (links). Anteil der einzelnen Bänder an den Bandverletzungen (rechts) [Bollen 2000]



**Abbildung 2:** Verschiedene Ursachen und ihre Anteile an Kreuzbandrisse in der Schweiz. Der in Blau gehaltene Bereich «Sport und Spiel» kommt auf insgesamt 73% [Gesundheitsdirektion des Kantons Zürich 2009]

Beweglichkeit des Innenmeniskus ist dieser häufiger als der Außenmeniskus von Verletzungen betroffen. Von einer Unhappy Triad (dt. unglückliche Triade) spricht man, wenn die Innenmeniskusverletzung in Kombination mit einer Ruptur des Innenbandes und des vorderen Kreuzbandes auftritt.

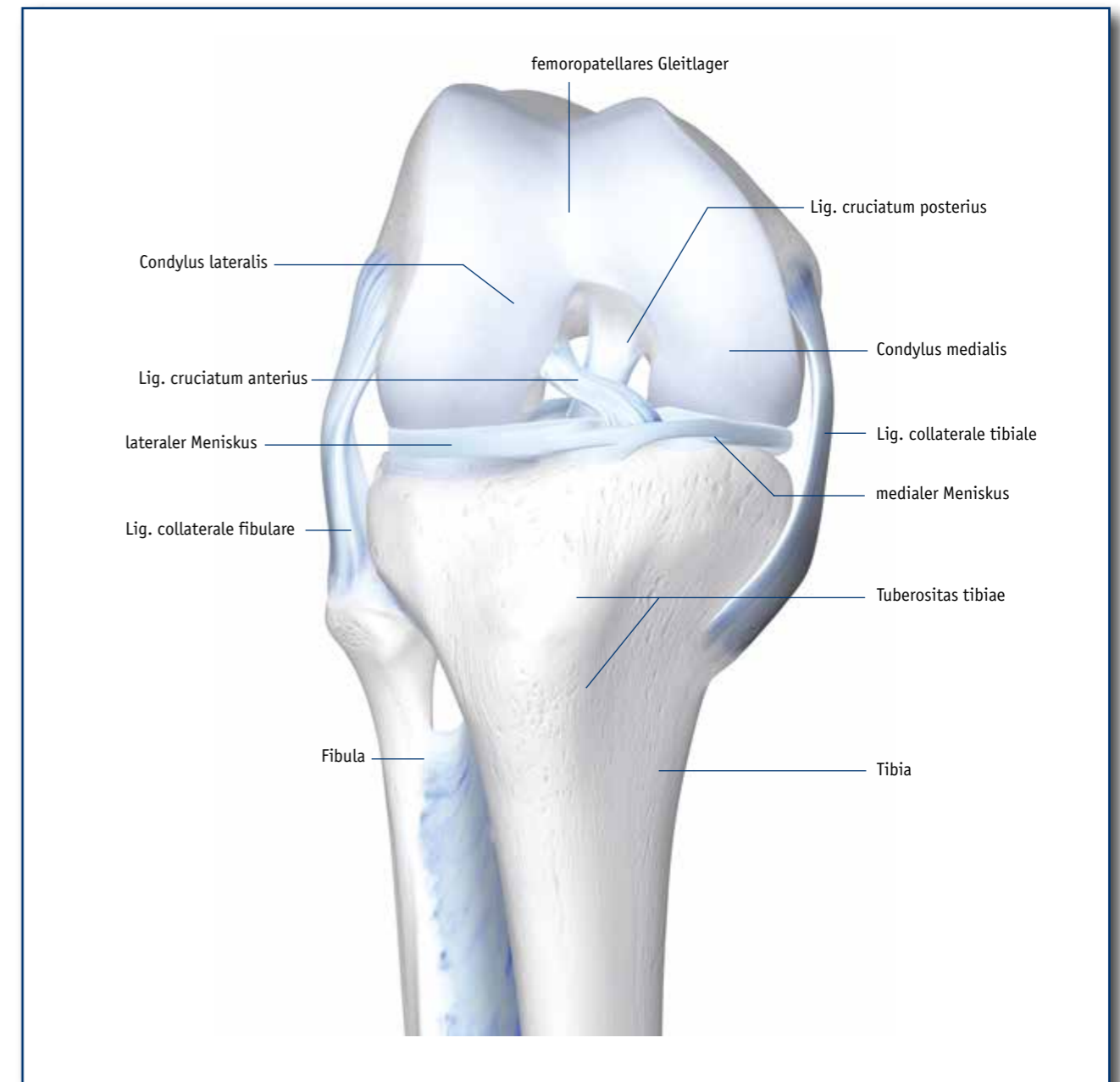
Eine der Hauptursachen für Knieschmerzen ist die Arthrose. Sie ist weltweit die häufigste Gelenkerkrankung des erwachsenen Menschen. In einer epidemiologischen Studie in Griechenland zeigten 8,9% der erwachsenen Bevölkerung klinisch relevante Knie-, Hand-, und Hüftarthrosen. Den größten Anteil machte in dieser Studie die Gonarthrose mit

6% aus [Andrianakos et al. 2006]. Bei Männern entstehen Arthrosen des Kniegelenks häufiger rechts als links, während bei Frauen das Verhältnis eher ausgeglichen erscheint [Andrianakos et al. 2006, D'Ambrosia 2005]. Anhand epidemiologischer Untersuchungen lassen sich einige Risikofaktoren für die Arthrose ableiten. Neben endogenen, d.h. vor allem genetischen Faktoren, spielt die Belastung des Kniegelenks im Laufe des Lebens eine bedeutende Rolle. Berufliche Tätigkeiten in vorwiegend kniender oder hockender Stellung (z.B. Bergleute, Bodenleger) fördern die Gonarthrose. Die Fall-Kontroll-Studie „ArGon“ (Arbeit und Gonarthrose) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin zeigte, dass bei Männern und Frauen Knie, ein hoher Body-Mass-Index (BMI), eine familiäre Prädisposition sowie bestimmte Sportarten Prädiktoren für die Entstehung einer Kniegelenksarthrose sind [Klußmann et al. 2010]. In der so genannten Ulmer Osteoarthrose-Studie konnten als gelenkspezifische Risikofaktoren in 33,4% der Gonarthrosepatienten v.a. traumatische Vorerkrankungen identifiziert werden. Die Studie zeigte ebenfalls, dass Übergewicht mit einer Gonarthrose assoziiert ist [Günther et al. 2002].

### 3. Anatomie des Kniegelenks (Articulatio genus)

Das Kniegelenk (Abbildung 3) ist das größte Gelenk des Menschen. Die Femurkondylen mit ihrer bikonvexen Form, die Tibia medial bikonkav und lateral konkav ermöglichen die klassische Rollgleitbewegung des Knies (Articulatio femorotibialis). Störungen des Gleitprozesses der Patella auf dem Femurkondylus durch Verkleben der Recessus führen zur Einsteifung des Gelenks (Articulatio femo-

ropatellaris). Die Inkongruenz zwischen Tibia und Femur wird durch die Menisken verbessert und so eine gleichmäßigere Druckverteilung ermöglicht. Die Ligg. cruciata (Kreuzbänder) stabilisieren durch ihre besondere anatomische Anordnung das Kniegelenk vor allem in anteroposteriorer Richtung. In ihrer stabilisierenden Wirkung werden sie von den Kollateralbändern, der Kniegelenkkapsel und der knieumspannenden Muskulatur unterstützt.



**Abbildung 3:** Kniegelenk rechts in gebeugter Stellung nach Entfernung der Gelenkkapsel (Ansicht von vorne)

## 4. Charakteristische Symptomatik bei Knieproblemen

Typische Symptome der **vorderen Kreuzbandruptur** sind Zerreißungsgefühl, Rupturgeräusch; hinzu kommen dann Gangunsicherheit (Giving-way-Phänomen), Leistungsverlust (manchmal verzögert), Gelenkerguss (sofort oder verzögert), Kapselschmerz, Kniekehlschmerz, Streck- und Beugehemmung und Pseudoblockade [AMWF-Leitlinie 2008]. Gleichzeitig zum Kreuzbandriss kommt es zu Gefäßrissen, die ein Hämarthros verursachen. Sekundär führt eine unbehandelte Kreuzbandruptur aufgrund der Instabilität des Kniegelenks häufig zu Meniskus- und Knorpelschäden und schließlich zu degenerativen Veränderungen des Kniegelenks.

Typisch für eine **Meniskusläsion** ist ein stechender Schmerz. Wegen der anatomischen festeren Verbindung mit dem Innenband ist der Innenmeniskus häufiger beteiligt.

Die an einer **Gonarthrose** leidenden Patienten klagen zu Beginn der Erkrankung neben dem typischen Anlaufschmerz über Belastungsbeschwerden. Bei fortgeschrittener Arthrose persistieren die Schmerzen auch in Ruhe oder während der Nacht. Weitere typische Symptome sind Funktionseinbußen (Bewegungseinschränkung, Muskelminderung), Reibegeräusche und erhöhte Empfindlichkeit gegen Nässe und Kälte [Michael et al. 2010].

## 5. Diagnostik

### 5.1 Klinische Untersuchungen

Für die Diagnose einer **Kreuzbandruptur** werden eine Reihe von diagnostischen Maßnahmen aufgezeigt [AMWF-Leitlinie 2008]. Eine umfangreiche Anamnese mit Klärung des Unfallhergangs gibt erste Hinweise. Zur klinischen Untersuchung gehören neben der Funktionsprüfung und der Erfassung von Hämarthros insbesondere die Stabilitätsuntersuchung (Tabelle 1, Seite 7). Bei schmerzbedingter Einschränkung der Untersuchungsfähigkeit sollte die Untersuchung nach einigen Tagen der Schonung und Schmerzbehandlung wiederholt werden.

Die Ruptur eines Seitenbandes kann mit Hilfe von Stabilitätstests, wie dem Valgus-Varus-Test nachgewiesen werden (Tabelle 1, Seite 7).





Alle Tests sind am entspannt liegenden Patienten unter bestmöglicher Vermeidung von Schmerzen durchzuführen.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über wichtige Testverfahren zur Differenzialdiagnostik von Kniebeschwerden.

Auch für eine **Meniskusschädigung** gibt es eine Reihe von diagnostischen Hinweisen. Die Funktionstests basieren auf der Auslösung von Schmerzen durch Druck, Zug oder Scherung des Meniskus. Tabelle 2 (Seite 8) zeigt wichtige Funktionstests zur Beurteilung einer Meniskusläsion.

Die Beurteilung des Femoropatellargelenks hinsichtlich Reizsymptomatik und Sicherheit der Patellaführung kompletieren eine Knieuntersuchung [Michael et al. 2010]. Einige diagnostische Tests sind in Tabelle 3 (Seite 9) beschrieben.

**Tabelle 1:** Funktionstests zur Differenzialdiagnostik von Kreuzbandverletzungen [Buckup 2009, Sandmann 2004]

Untersuchungsmethode	Vorgehensweise
<b>Valgus- und Varustest: Valgus- und Varusaufklappbarkeit in Streckung bzw. in 20°-Beugung des Kniegelenks</b> 	<p>Der Patient befindet sich in Rückenlage. Der Untersucher umfasst das Kniegelenk proximal des Gelenkspaltes. Der distale Unterschenkel wird mit der anderen Hand umfasst und so ein Valgus- und ein Varusstress auf das Gelenk ausgeübt. Das Aufklappen des Gelenks kann so erfüllt werden. Der Test wird in 20°-Beugung und voller Streckung ausgeführt.</p> <p><b>Befund</b> Eine laterale Aufklappbarkeit (Varustest) des Kniegelenks in 10°- bis 20°-Flexion gibt Hinweise auf eine Verletzung des lateralen Seitenbandes und eventuell der Popliteusehne. Bei positivem Ausfall des Tests in Extension besteht der Verdacht einer zusätzlichen Läsion der dorsolateralen Kapselschale und einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Eine Ruptur des Tractus iliotibialis und des hinteren Kreuzbandes ist möglich. Fällt der Varustest negativ aus, sind das laterale Seitenband und der dorsolaterale Kapsel-Band-Apparat wahrscheinlich intakt.</p>
<b>Schubladen-Test</b> 	<p>Die Untersuchung erfolgt in Rückenlage, das Hüftgelenk ist 45°, das Kniegelenk 90° gebeugt. Der Untersucher fixiert den Fuß des Patienten mit Hilfe seines Gesäßes. Der Schienbeinkopf wird mit beiden Händen umfasst und bei entspannter Beugemuskulatur des Patienten nach vorn gezogen oder nach hinten gedrückt. Beim vorderen Schubladentest wird der Unterschenkel gegen den Oberschenkel ventral und beim hinteren Schubladentest entsprechend dorsal verschoben.</p> <p><b>Befund</b> Positiv, wenn der Unterschenkel gegen den Oberschenkel in der jeweiligen Richtung um mehr als 0,5 cm verschiebbar ist. Wichtig ist der Seitenvergleich. Bei positiver vorderer Schublade ist das vordere Kreuzband geschädigt, bei positiver hinterer Schublade das hintere.</p>
<b>Lachman-Test: Vordere Translation in 20-30°-Beugung</b> 	<p>Der Untersucher hält mit der einen Hand den Oberschenkel. Mit der anderen umgreift er den Unterschenkel und löst eine Subluxation der Tibia aus.</p> <p><b>Befund</b> Positiv, wenn der Tibiakopf deutlich nach anterior verschoben werden kann (mehr als 0,5 cm). Es fehlt auf der betroffenen Seite ein fester Anschlag. Der Seitenvergleich ist wichtig.</p>
<b>Pivot-Shift-Test (Subluxationstest)</b> 	<p>In Rückenlage des Patienten wird das verletzte Bein gestreckt angehoben. Eine Hand rotiert den Fuß des gestreckten Beines nach innen, die andere Hand umfasst den Schienbeinkopf von hinten lateral und übt einen Valgusstress aus. Der laterale Tibiakopf subluxiert in extensionsnaher Stellung bei Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes nach ventral. Bei einer Beugung von 30° bis 40° erfolgt die plötzliche Reposition des lateralen Tibiaplateaus („Schnapp-Phänomen“).</p> <p><b>Befund</b> Bei Subluxation besteht Verletzung des vorderen Kreuzbandes.</p>

**Tabelle 2:** Funktionstests zur Differenzialdiagnostik von Meniskuläsionen [Buckup 2009]

Untersuchungsmethode	Vorgehensweise
<b>Apley-Distraktions- und Kompressionstest (Grinding-Test)</b> 	<p>Der Patient liegt auf dem Bauch mit 90°-Beugung des betroffenen Knies. Der Untersucher fixiert den Oberschenkel mit seinem Knie, während er einmal unter Zug und einmal unter axialem Druck das Knie des Patienten rotiert.</p> <p><b>Befund</b> Schmerzen im gebeugten Knie bei Rotation des Unterschenkels unter Zug sprechen für einen Kapsel-/Bandschaden, unter Druck hingegen für eine Meniskuläsion.</p>
<b>Steinmann-I-Zeichen</b> 	<p>In Rückenlage des Patienten fixiert der Untersucher mit der linken Hand das gebeugte Knie, mit der anderen umfasst er den Fuß und führt forcierte Rotationsbewegungen des Unterschenkels bei unterschiedlich stark gebeugtem Kniegelenk durch.</p> <p><b>Befund</b> Schmerzen im medialen Gelenkspalt bei forcierter Außenrotation deuten auf einen Innenmeniskusschaden hin, bei Innenrotation mit Schmerzen im lateralen Gelenkspalt ist ein Außenmeniskusschaden anzunehmen. Wegen der unterschiedlichen Risslokation sollte das Steinmann-I-Zeichen in verschiedenen Beugestellungen des Gelenks geprüft werden.</p>
<b>Steinmann-II-Zeichen</b> 	<p>In Rückenlage des Patienten fasst der Untersucher mit der linken Hand das Knie, bei gleichzeitigem Tasten der Gelenkspalte. Die rechte Hand fasst den Unterschenkel etwas oberhalb der Knöchelgabel. Der Unterschenkel wird bei fixiertem Oberschenkel in eine Außenrotations- bzw. Innenrotationsstellung gebracht und bei leichter Stauchung in axialer Richtung gebeugt und gestreckt.</p> <p><b>Befund</b> Schmerzen im medialen bzw. lateralen Gelenkspalt deuten auf eine Meniskusverletzung hin. Der im Gelenkspalt palpierende Druckschmerz wandert bei Beugung und leichter Außenrotation im Kniegelenk nach medial und dorsal zum medialen Kollateralband, bei Streckung des Knies wieder nach ventral. Bei Innenrotation des Unterschenkels und dem Verdacht eines Außenmeniskusschadens wandert der Druckschmerz bei einer Streckung des Knies nach ventral und beim Beugen nach dorsal.</p>

**Tabelle 3:** Funktionstests zur Differenzialdiagnostik von Retropatellararthrose [Buckup 2009]

Untersuchungsmethode	Vorgehensweise
<b>Zohlen-Zeichen</b> 	<p>Der Untersucher presst bei dem auf dem Rücken liegenden Patienten die Patella bei gestrecktem Bein proximal medial und lateral mit dem Daumen auf ihr Gleitlager und fordert den Patienten auf, das Bein weiter zu strecken bzw. den M. quadriceps anzuspannen. In der zweiten Phase des Tests drückt der Untersucher die Patella direkt in das Patellagleitlager, während der Patient den M. quadriceps anspannt.</p> <p><b>Befund</b> Im Falle von retropatellaren Knorpelschäden treten Schmerzen retropatellar und/oder parapatellar auf.</p>
<b>Facettendruckschmerztest</b> 	<p>Der Patient liegt auf dem Rücken. Bei gestrecktem Kniegelenk wird mit beiden Daumen zunächst von medial, dann mit den Zeigefingern von lateral die Patella nach lateral bzw. medial aufgekippt und die mediale bzw. laterale Facette mit dem Zeigefinger bzw. Daumen auf Druckschmerzhaftigkeit palpirt.</p> <p><b>Befund</b> Bei einer Retropatellararthrose werden vom Patienten Schmerzen angegeben, besonders bei Palpation der medialen Gelenkfacette.</p>
<b>McConnel-Test</b> 	<p>Der Patient sitzt auf der Untersuchungsfläche und lässt die Beine locker über die Liegekante herabhängen. Durch isometrische Anspannung des M. quadriceps wird bei diesem Test versucht, die femoropatellaren Schmerzen zu provozieren. Hierzu wird das Kniegelenk in verschiedene Flexionsgrade gebracht (0°, 30°, 60° und 120°). Der Patient wird aufgefordert, das Bein gegen Widerstand zu strecken.</p> <p><b>Befund</b> Treten Schmerzen oder ein subjektives Engegefühl auf, medialisiert der Untersucher die Patella mit Hilfe seiner Daumen. Dieses Manöver führt bei positivem Test zur Schmerzreduktion.</p>

## 5.2 Bildgebende Verfahren

Neben der klinischen Untersuchung können bildgebende Verfahren bei **Ruptur des Kreuzbandes** oder **Meniskusläsionen** eingesetzt werden, um ossäre, ligamentäre und Weichteilverletzungen nachzuweisen oder auszuschließen. Obligatorisch ist die Röntgenuntersuchung in zwei Ebenen, möglichst mit einem axialen Bild der Patella, um knöcherne Bandausrisse und Frakturen zu erkennen.

Die MRT kann zur Erfassung von **Bandverletzungen** und ihrer Lokalisation, von Meniskusläsionen, Knorpelverletzungen, osteochondralen Läsionen, occulden Frakturen und Knochenmarksödemen eingesetzt werden. Die sonographische Kniegelenksuntersuchung hat für die Darstellung der Kreuzbänder, Kollateralbänder und Menisken eher eine zweitrangige Bedeutung [AMWF-Leitlinie 2008].

Bei der **Gonarthrose** dient die Röntgenuntersuchung neben der Primärdiagnostik auch der Verlaufsbeurteilung [Michael et al. 2010, Zacher et al. 2007]. Bei der Diagnostik der Arthrose haben sich Aufnahmen im Stehen bei gestrecktem Knie sowie in 20°-Flexion durchgesetzt. Mit dem konventionellen Röntgenbild lässt sich der Knochen zwar mit hoher örtlicher Auflösung besser darstellen als mit anderen bildgebenden Verfahren, doch Weichteile und Knorpel können nur indirekt beurteilt werden. Die Gelenksonographie kann bei der Arthrose die intraartikuläre Ergussbildung frühzeitig erfassen sowie das Ausmaß der osteochondrophytären Ausziehungen und der synovialen Beteiligung bildlich darstellen. Begleitende Veränderungen der Sehnen, Bursen und faserknorpeligen Strukturen am Kniegelenk können beurteilt werden. Stärke der MRT ist die Fähigkeit, den Knorpel hinsichtlich Volumen und struktureller Veränderungen direkt sichtbar zu machen [Zacher et al. 2007].

## 6. Therapie des vorderen Kreuzbandrisses

### 6.1 Ruptur des vorderen Kreuzbandes

#### 6.1.1 Konservative versus chirurgische Therapie

Eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes kann konservativ oder chirurgisch therapiert werden. Nach der Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie [AMWF-Leitlinie 2008] gibt es Faktoren, die die eine oder andere Behandlungsmethode nahelegen (Tabelle 4, Seite 11). Da es ohne chirurgische Intervention häufig zu sekundären Meniskusschäden und zur Arthroseentwicklung kommt – insbesondere wenn die Patienten ein hohes körperliches Aktivitätsniveau beibehalten – ist jedoch in den meisten Fällen eine chirurgische Behandlung Therapie der Wahl. Durch die suffiziente Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes

kann die objektive Stabilität des Gelenks in einem hohen Prozentsatz wiederhergestellt und die Meniskektomie gesenkt werden [Lobenhoffer und Tschern 1993].

Die **konservative Therapie** besteht zunächst aus Kühlung, Kompression und abschwellenden Maßnahmen, gefolgt von einer physikalischen Therapie und physiotherapeutischen Übungen. Auch der Einsatz einer Orthese hat einen festen Stellenwert in der konservativen Therapie der Kreuzbandruptur [Steinbrück 1997].

Für die **chirurgische Intervention** gibt es prinzipiell zwei geeignete Zeitpunkte: Bei frischer Ruptur kann es günstig sein, innerhalb der ersten Stunden zu operieren. Ansonsten ist das Abklingen der akuten Inflammationsphase bei aktiv vollständig streckbarem und weitgehend frei beugbarem Kniegelenk abzuwarten.

Als zeitgemäße Operationstechnik gilt heute die Rekonstruktion. Verwendet werden meist körpereigene Sehnen, wie ein Teil der Patellarsehne, die Quadrizepssehne oder die Semitendinosusehne [AMWF-Leitlinie 2008]. Nach Entnahme der Sehne wird diese den Anforderungen eines Kreuzbandtransplantats entsprechend präpariert. Simultan findet die Präparation der Verankerungskanäle – je nach Operateur 1- bis 4-Bündeltechnik – statt, aus denen zuvor die Reste des durchtrennten Kreuzbandes vollständig entfernt wurden. Danach wird das neue körpereigene Kreuzband eingebracht und in seiner Funktion und Position fixiert.

Entscheidend für den Therapieerfolg ist jedoch nicht nur die Operation, sondern ganz wesentlich auch eine **gezielte Nachbehandlung**. Eine längerdauernde Immobilisation, wie früher üblich, wird in Anbetracht der negativen Auswirkungen auf die Knorpel-, Meniskus und Ligamenternährung schon seit geraumer Zeit nicht mehr befürwortet [Strobel et al. 1997, Pässler 1997, Cordes et al. 1990]. Stattdessen soll das Kniegelenk frühzeitig durch gezielte Krankengymnastik mit einer Knieorthese bzw. einer modernen funktionell stabilisierenden Bandage mobilisiert werden. Viele Operateure führen dazu ein strukturiertes Rehabilitationsprogramm durch (Tabelle 5, Seite 11). Es sollte individuelle Patientenfaktoren wie Alter, Bindegewebszustand, Wundheilung, Vertrauen in das eigene Bein, Motivation und Leistungsniveau berücksichtigen.

**Tabelle 4:** Entscheidungskriterien für eine konservative bzw. chirurgische Behandlung bei vorderem Kreuzbandriss [AMWF-Leitlinie 2008]

Für eine konservative Therapie spricht:	Für eine chirurgische Therapie spricht:
<ul style="list-style-type: none"> <li>Allgemeine und lokale Kontraindikationen gegen die Operation</li> <li>Geringe Instabilität</li> <li>Isolierte Läsion ohne Seitenbandbeteiligung</li> <li>Keine Belastungsanforderungen</li> <li>Vorbestehende Arthrose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Komplexe Kniebandverletzungen mit erheblicher Instabilität des Seitenbandsystems</li> <li>Objektive Instabilität</li> <li>Subjektive Instabilität beim Sport oder im täglichen Leben, rezidivierende Giving-way-Ereignisse mit Gelenkschwellungen</li> <li>Wunsch nach Belastungsfähigkeit für kniebelastende Sportarten und berufliche Tätigkeit</li> <li>Begleitende Meniskusläsion</li> <li>Instabilitätsbedingter Knorpelschaden</li> </ul>

**Tabelle 5:** Beispiel für ein Rehabilitationsprogramm nach Kreuzbandrekonstruktion [Höher 2005]

Phase	Zeitraum	Therapieziel
I	Präoperativ	Abbau der Schwellung und Wiederherstellen der Beweglichkeit
II	1.-2. Woche postoperativ	Wundheilung, freie Streckung, Abbau der Schwellung
III	3.-6. Woche postoperativ	Zunehmende Beugung, normales Gangbild, Verbesserung der propriozeptiven Funktionen
IV	Ab der 7. Woche postoperativ	Wiedererlangung der Kraft, Rückkehr zu sportlicher Belastung

Bei der Nachbehandlung sollten einige Grundsätze beachtet werden [Strobel et al. 1997]:

- Nicht gegen den Schmerz üben.
- Bei Schwellung und Kapselverhärtung Intensität und Art der Therapiemaßnahmen anpassen.
- Mit Krafttraining erst beginnen, wenn eine ausreichende Gelenkbeweglichkeit vorhanden ist.
- Koordinative und propriozeptive Übungen als essentiellen Bestandteil in die Therapie integrieren.
- Enge Kooperation zwischen Physiotherapeut und Operateur und Patient.

Bei der Kreuzbandruptur stehen sowohl in der Primärbehandlung als auch in der Nachbehandlung nach Operation mehrere Orthesen-Optionen zur Verfügung: Es konkurrieren die stabile Orthese mit der Kombination aus **Bandage und Orthese**, die ihre Stabilisierung durch die Besonderheiten des Gestricks erlangt. Die Stabilisierung des Gelenks kann mit beiden Versorgungsformen erzielt werden. Offenbar erzielt die Kombination eine bessere Selbststabilisierung des Gelenks unter Belastung. Ein Großteil der Patienten empfindet die Entlastung und Stabilisierung des Kniegelenks durch eine Kniebandage und den Massageeffekt unter Bewegung als wohltuend [Krause 1983]. Ein weiterer bedeutender Nutzen von Kniebandagen ist die Verbesserung der Propriozeption und damit die Vorbeugung von Folgeschäden [AMWF-Leitlinie 2008, Pässler 1997, Steinbrück 1997].

## Propriozeption

Als Propriozeptoren bezeichnet man Mechanorezeptoren, die die Wahrnehmung der Lage, Stellung und Bewegung des Körpers im Raum realisieren. Lokalisiert sind die Propriozeptoren in Gelenken, partizipierender Muskulatur, Sehnen, Bändern, Bindegewebe und der über dem entsprechenden Gelenk liegenden Haut [Reer et al. 2004]. So besitzt das vordere Kreuzband propriozeptive Nervenfasern, über die dem ZNS Informationen über die Bewegungsabläufe des Kniegelenks zugeleitet werden. Mit einer Störung der Propriozeption geht eine Minderung des Koordinationsvermögens einher [Pässler 1997].

### 6.1.2 Blick in die Zukunft

Eine neue Technik, die möglicherweise zukünftig Bedeutung in der Behandlung von Kreuzbandrupturen erlangen wird, ist die **Healing-Response-Technik** [Steadman et al. 2006]. Diese Methode nutzt die Eigenschaft undifferenzierter Stammzellen, sich bei entsprechender mechanischer Belastung zu Tendinozyten auszudifferenzieren und so ein Zusammenwachsen der Sehne zu ermöglichen. Auch durch die Gabe von **Wachstumsfaktoren** wie PDGF, TGF- $\beta$  und FGF, von **Hyaluronsäure** oder **Gemischen aus Kollagen und Blutplättchen** lassen sich offensichtlich Heilungsprozesse am Kreuzband stimulieren, wie *in vitro* und in Tiermodellen gezeigt wurde [Murray 2009]. Möglicherweise resultieren aus diesen Erkenntnissen zukünftig neue Therapiemöglichkeiten für Kreuzbandrupturen.

### 6.2 Seitenbandriss

Risse im Seitenbandbereich heilen nach ausreichender Ruhigstellung folgenlos aus [Grifka und Dullien 2009]. Eine moderne funktionelle Therapie beinhaltet eine Mobilisierung des Gelenks mit einer Sicherung des Heilungsprozesses durch eine funktionelle Orthese.

### 6.3 Meniskusriss

Meniskusläsionen führen insbesondere bei Beuge- und Rotationsbewegungen zu Einklemmungen, welche die Knorpelfläche schädigen. Therapeutisch genügt es meist, den eingerissenen Meniskusrand arthroskopisch abzutragen und zu glätten. Beim jungen Patienten, wenn das Unfallereignis erst kurz zurückliegt und die Ruptur im durchbluteten Bereich des Meniskus liegt, sollte versucht werden, die Ruptur zu nähen. Neuere Studie berichten, dass eine Naht auch möglich ist, wenn der Riss peripher lokalisiert ist oder längs verläuft [Stärke et al. 2009] oder auch aus der Mitte radial zieht [Choi et al. 2010]. Ist der Erhalt

des Meniskus sinnvoll, aber eine Naht nicht möglich, sind eine Transplantation oder das Einsetzen eines Implantats eine Therapieoption. Mit einigen synthetischen biodegradierbaren und biostabilen Gerüstgeweben liegen erste Erfahrungen aus experimentellen und klinischen Studien vor [van Tienen et al. 2009]. Collagen-Implantate [Rodkey et al. 2008] oder humane Transplantate werden ebenfalls eingesetzt.

Über die Art der postoperativen Rehabilitation gibt es derzeit keinen wissenschaftlichen Konsens. In der Rehabilitationsphase nach der Operation haben sich Kniebandagen bewährt, um dem Patienten Sicherheit in der Bewegung zu geben. Einen besonderen Stellenwert haben Kniebandagen bei rezidivierenden Kniegelenksergüssen, wie sie nach Knieoperationen nicht selten sind [Krause 1983, Hess 1983].

### 6.4 Gonarthrose

Ziel der konservativen Therapie ist die Bekämpfung der klinischen Symptome, d.h. Schmerzlinderung und Verbesserung der Beweglichkeit und Gehleistung sowie die Hemmung der Progredienz [Michael et al. 2010, Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie 2002].

Das Spektrum der **multimodalen Therapie** reicht von Physiotherapie, orthopädischen Hilfsmitteln und medikamentöser Therapie bis zur operativen Intervention. Operativ kommen neben der Lavage und dem Débridement bei isolierten Knorpeldefekten Verfahren zur Faserknorpelbildung (Pridie-Bohrung, Abrasionsarthroplastik, Mikrofrakturierung) sowie die Verpflanzung von osteochondralen Transplantaten (Mosaikplastik, OCT) bis hin zur autologen Chondrozytentransplantation (ACT) zur Anwendung.

Ein aktuelles systematisches Review vergleicht die derzeit bedeutendsten Therapiekonzepte zum Knorpelersatz: Mikro-frakturierung, ACT und OCT [Harris et al. 2010]. Kurz- und mittelfristig zeigen sich alle drei Verfahren als wirksam. Hinsichtlich des klinischen Erfolgs scheint die ACT der Mikrofrakturierung überlegen zu sein. Unterschiede zwischen ACT und OCT waren nicht ersichtlich. Im Vergleich mit ACT und Mikrofrakturierung führt OCT zu einer schnelleren Besserung. Nachteil der Methode sind jedoch mögliche Beschwerden an der Entnahmestelle. Für eine endgültige Bewertung fehlen derzeit noch verlässliche Langzeitdaten. Physiotherapie und physikalische Maßnahmen komplettieren sowohl die konservative Therapie als auch die postoperative Nachbehandlung.

Einen wichtigen Beitrag zur Schmerzlinderung und Funktionsverbesserung bei Gonarthrose können Bandagen leisten. Zu diesem Ergebnis kommt ein auf fünf kontrollierten Studien basierender Cochrane Review (Evidenzgrad Ib) [Brouwer et al. 2005]. Bandagen sind einfach in der Anwendung, was gerade auch für ältere Patienten bedeutsam ist. Ein weiterer Vorteil bei fortgeschrittener Arthrose ist der wärmende Effekt der Bandage. Denn viele Patienten klagen über eine Zunahme ihrer Beschwerden durch den Einfluss von feuchter Kälte. Das strumpfförmige, elastische Material vermittelt ein stabilisierendes Gefühl. Von besonderer Bedeutung bei der Gonarthrose ist die Verbesserung der Schwell- und Koordinationsmechanismen durch die propriozeptive Wirkung der Bandage [Erggelet 2003].

## 7. Fazit

Probleme des Kniegelenks und Instabilität sind ein weit verbreitetes Problem. Die Therapiestrategien unterscheiden sich je nach Art der Beschwerden grundlegend. Bei Kreuzbandrupturen ist die operative Rekonstruktion mit anschließendem klar strukturiertem Rehabilitationsprogramm die häufigste Therapiemethode. Auch bei Meniskusschäden ist meist ein arthroskopischer Eingriff erforderlich. Vielfach genügt es dabei, den eingerissenen Meniskusrand abzutragen und zu glätten; beim jüngeren Patienten wird versucht den Meniskus zu erhalten. Bei der Behandlung der Gonarthrose verfolgt man hingegen in der Regel von Anfang an einen multimodalen Ansatz. Das Maßnahmenspektrum reicht von Physiotherapie, orthopädischen Hilfsmitteln und medikamentöser Therapie bis zur operativen Intervention. Als fester Bestandteil der konservativen Therapie und in der Rehabilitationsphase spielen Kniebandagen und -orthesen sowohl bei der Gonarthrose, als auch bei Bänderrupturen im Kniegelenk und nach Meniskusverletzungen eine wichtige Rolle. Sie tragen zur Schmerzlinderung und Funktionsverbesserung bei und können die Propriozeption verbessern. Von den Patienten werden sie aufgrund der stabilisierenden Wirkung und der einfachen Handhabung sehr gut akzeptiert.



## 8. Literatur

Andrianakos AA, Kontelis LK, Karamitsos DG et al. Prevalence of symptomatic knee, hand and hip osteoarthritis in Greece. The ESORDIG study. J Rheumatology 2006;33:2507-13

Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie Vordere Kreuzbandruptur. Letzte Überarbeitung: 05/2008 <http://leitlinien.net>

Bollen S. Epidemiology of knee injuries: diagnosis and tirage. Br J Sports Med 2000;34:227-8

Brouwer RW, van Raaij TM, Jakma TT, Verhaagen AP, Verhaar JAN, Bierma-Zeinstra SMA. Braces and orthoses for treating osteoarthritis of the knee. Cochrane Database Syst Rev 2005; 1,CD004020

Buckup K. Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln. Thieme Verlag, Stuttgart, 2009:S222-94

Choi NH, Kim TH, Son KM, Victoroff BN. Meniscal Repair for Radial Tears of the Midbody of the Lateral Meniscus. Am J Sports Med 2010 Sep 8 [Epub ahead of print]

Cordes U, Jellestad T, Ekkernkamp A. Orthese versus Tutor - die Nachbehandlungskonzepte operativ versorgter, frischer vorderer Kreuzbandrupturen im Vergleich. Orthop Praxis 1990;9:589-92

D'Ambrosia RD. Epidemiology of osteoarthritis. Orthopedics 2005; 28 (Suppl. 2):201-5

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie und Berufsverband der Ärzte für Orthopädie: Leitlinien der Orthopädie: Gonarthrose. Deutscher Ärzte-Verlag Köln 2002;2nd Edition

Erggelet C. Wertigkeit von Bandagen und Orthesen zur Behandlung der Gonarthrose. Dtsch Z Sportmed 2003;56:196-8

Garrick JG, Requa RK. Anterior cruciate ligament injuries in men and women: How common are they? In: Griffin LY (Hrsg): Prevention of noncontact ACL injuries, American Academy of Orthopaedic Surgeons. Rosemont, USA, 2000, 37-54

Gesundheitsberichterstattung (GBE) der Länder - Ausgewählte Indikatoren (3.19, 3.11) [http://www.gbe-bund.de/gbe10/abrechnung.prc\\_abr\\_test\\_logon?p\\_uid=gast&p\\_aid=21377221&p\\_sprache=D&p\\_knoten=TR200](http://www.gbe-bund.de/gbe10/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gast&p_aid=21377221&p_sprache=D&p_knoten=TR200) letzter Aufruf 23.11.10

Gesundheitsdirektion des Kantons Zürich. Ruptur des vorderen Kreuzbandes: operative oder konservative Behandlung? Bericht vom 30. Juni 2009

Griffka J und Dullien S. Knie und Sport. Deutscher Ärzte-Verlag Köln 2009, S62

Günther KP, Puhl W, Brenner H, Stürmer T. Klinische Epidemiologie von Hüft- und Kniegelenkarthrosen: Eine Übersicht über Ergebnisse der „Ulmer Osteoarthrose-Studie“. Z Rheumatol 2002 Jun;61(3):244-9

Harris JD, Siston RA, Pan X, Flanigan DC. Autologous chondrocyte implantation: a systematic review. J Bone Joint Surg Am 2010;92(12):2220-33

Hess H. Funktionelle Bandagen-Therapie des Kniegelenks. Monatskurse f d Ärztl Fortbildg 1983;5:6-10

Höher J. Rehabilitation nach operativem Ersatz des vorderen Kreuzbandes. Arthroskop 2005;18(1):41-7

Klußmann A, Gebhardt HJ, Nübling M et al. Fall-Kontroll-Studie zur Bewertung von beruflichen Faktoren im Zusammenhang mit Gonarthrosen - die ArGon-Studie. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2010; 1. Aufl., Dortmund

Krause W. Kniegelenk-Traumen: Restinstabilität vermeiden! Ärztl Praxis 1983;79:2361-2

Lobenhoffer P, Tscherner H. Indikation zur vorderen Kreuzbandrekonstruktion - Gegenwärtige Operationstechniken, Transplantatwahl. Orthopäde 1993;22:372-80

Michael JWP, Schlüter-Brust KU, Eysel P. Epidemiologie, Ätiologie, Diagnostik und Therapie der Gonarthrose. Dtsch Arztebl Int 2010;107(9):152-62

Murray MM. Current status and potential for primary ACL repair. Clin Sports Med 2009;28(1):51-61

Nicholl NP. Injuries in sport and exercise. Verlag Sports Council, London,1991

Pässler H H. Beschleunigte Rehabilitation nach Kreuzbandverletzungen. Arthroskopie 1997;10:267-73

Petersen W, Rosenbaum D, Raschke M. Rupturen des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Teil 1: Epidemiologie, Verletzungsmechanismen und Ursachen. Dtsch Z Sportmed 2005;56:150-6

Reer R, Nagel V, Braumann K-M. Welchen Einfluss haben Knieorthesen auf Stabilität und physische Leistungsfähigkeit beim Inline-Skating? Orthopädie Technik 2004;11

Renström P, Ljungqvist A, Arendt E et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. Br J Sports Med. 2008;42(6):394-412

Rodkey WG, DeHaven KE, Montgomery WH 3rd et al. Comparison of the collagen meniscus implant with partial meniscectomy. A prospective randomized trial. J Bone Joint Surg Am 2008;90(7):1413-26

Sandmann S. Diagnostische Möglichkeiten bei Kniegelenkverletzungen unter besonderer Berücksichtigung klinischer Meniskustests. Inaugural-Dissertation, Münster 2004

Stärke C, Kopf S, Petersen W, Becker R. Meniscal repair. Arthroscopy 2009;25(9):1033-4

Steadman JR, Cameron-Donaldson ML, Briggs KK, Rodkey WG. A minimally invasive Technique („healing response“) to treat proximal ACL injuries in skeletal immature athletes. J Knee Surg 2006;19(1):8-13

Steinbrück K. Rehabilitation des Kniegelenkes nach Kreuzband-Operationen. Orthopädie-Technik 1997;9:725-35

Strobel M, Eder K, Eichhorn J. Grundlagen zur Nachbehandlung nach VKB-Rekonstruktion. Arthroskopie 1997;10:261-6

Teitz C: Video analysis of ACL injuries, in: Griffin LY (Hrsg.): Prevention of noncontact ACL injuries. American Academy of Orthopaedic Surgeons. Rosemont, USA, 2000,89-100

Van Tienen TG, Hannink G, Buma P. Meniscus replacement using synthetic materials. Clin Sports Med. 2009;28(1):143-56

Zacher J, Carl HD, Swoboda B, Backhaus M. Bildgebung bei der Arthrose peripherer Gelenke. Zeitschr Rheumatol 2007;66(3):257-66

## Lernkontrollfragen Modul 1

Bitte kreuzen Sie jeweils nur **eine** Antwort an.

1. Wieviel Prozent der Patienten in orthopädischen Praxen sind von einer Gonarthrose betroffen?

- a. 5%
- b. 10%
- c. 15%
- d. 20%
- e. 30%

2. Welche Aussage zur Epidemiologie von Kreuzbandrissen ist **richtig**?

- a. Etwa zwei Drittel der Bandverletzungen am Knie sind Kreuzbandrisse.
- b. Etwa ein Drittel der Bandverletzungen am Knie sind Kreuzbandrisse.
- c. Kreuzbandrisse betreffen fast immer das hintere Kreuzband allein.
- d. Etwa die Hälfte der Kreuzbandrupturen ereignet sich im Kindesalter.
- e. Etwa 70% der Kreuzbandrupturen ereignen sich in einem Lebensalter zwischen 50 und 75 Jahren.

3. Welche Aussage zu Kreuzbandrupturen im Sport ist **falsch**?

- a. Bei alpinem Skifahren und Ballsportarten wie Fußball, Handball und Basketball kommt es relativ häufig zu Kreuzbandrissen.
- b. Ungefähr 70% der Verletzungen entstehen unter direkter Beteiligung eines Mitspielers.
- c. Die Inzidenz von Kreuzbandrupturen ist bei weiblichen Athleten deutlich höher als bei männlichen.
- d. Geschlechtsspezifische neuromuskuläre Unterschiede sowie geschlechtsspezifische Bewegungsmuster können den Inzidenz-Unterschied zwischen den Geschlechtern erklären.
- e. Ab dem 50. Lebensjahr gehen Kreuzbandrupturen bei beiden Geschlechtern stark zurück.

4. Welche Aussage zur Meniskusläsionen ist **falsch**?

- a. Meniskusläsionen werden in erster Linie durch Verschleiß hervorgerufen.
- b. Eine einzige falsche Bewegung kann zum Riss eines Meniskus führen, wenn ein entsprechender Verschleiß vorliegt.
- c. Bei jungen Menschen sind es vor allem (Sport)Unfälle, die Meniskusläsionen verursachen.
- d. Ursache einer Meniskusläsion ist meist eine Rotationsbewegung in Kombination mit einer axialen Belastung.
- e. Da der Außenmeniskus weniger beweglich ist als der Innenmeniskus, ist dieser häufiger von Verletzungen betroffen.

5. Welcher der aufgezählten Faktoren ist **kein** Risikofaktor für die Gonarthrose?

- a. Berufliche Tätigkeiten in vorwiegend kniender oder hochkender Stellung
- b. Ein hoher Body-Mass-Index (BMI)
- c. Ein niedriger Body-Mass-Index (BMI)
- d. Eine familiäre Prädisposition
- e. Eine traumatische Vorerkrankung des Knies

6. Was ist **kein** typisches Symptom einer vorderen Kreuzbandruptur?

- a. Zerreißungsgefühl
- b. Rupturgeräusch
- c. Anlaufschmerz
- d. Gangunsicherheit (Giving-way-Phänomen)
- e. Gelenkerguss (sofort oder verzögert)

7. Welche Aussage zu Testverfahren ist **falsch**?

- a. Schubladentest: Bei positiver vorderer Schublade ist das vordere Kreuzband geschädigt.
- b. Schubladentest: Bei positiver hinterer Schublade ist das hintere Kreuzband geschädigt.
- c. Lachmantest: Es liegt ein vorderer Kreuzbandriss vor, wenn der Tibiakopf deutlich nach anterior verschoben werden kann (mehr als 0,5 cm).
- d. Lachmantest: Wenn der Tibiakopf deutlich nach anterior verschoben werden kann, spricht dies für eine Gonarthrose.
- e. Steinmann-II-Zeichen: Schmerzen im medialen bzw. lateralen Gelenkspalt deuten auf eine Meniskusverletzung hin.

8. Welche Aussage zur Therapie der Kreuzbandruptur ist **richtig**?

- a. Für eine konservative Therapie spricht eine begleitende Meniskusläsion.
- b. Bei vorbestehender Arthrose sollte in jedem Fall chirurgisch interveniert werden.
- c. Eine Operation muss innerhalb der ersten 12 Stunden nach Ruptur erfolgen.
- d. Entscheidend für den Therapieerfolg ist nicht nur die Operation, sondern ganz wesentlich auch eine gezielte Nachbehandlung.
- e. Eine Orthese in der Rehabilitation hat allein eine mechanisch stützende Wirkweise.

9. Welche Aussage zu Meniskusläsionen ist **falsch**?

- a. Meniskusrisse wachsen in der Regel wieder von selbst zusammen.
- b. Meniskusläsionen führen insbesondere bei Beuge- und Rotationsbewegungen zu Einklemmungen, welche die Knorpelfläche schädigen.
- c. Bei Meniskusschäden ist meist ein arthroskopischer Eingriff erforderlich.
- d. Vielfach genügt es, den eingerissenen Meniskusrand abzutragen und zu glätten.
- e. Bei jungen Patienten mit einer frischen Ruptur kann es sinnvoll sein, den Riss zu nähen.

10. Welche Aussage zur Therapie der Gonarthrose ist **falsch**?

- a. Bei der Behandlung der Gonarthrose verfolgt man in der Regel einen multimodalen Ansatz.
- b. Mittels Mikrofrakturierung kann eine Faserknorpelbildung angeregt werden.
- c. Die osteochondrale Transplantation (OCT) gilt heute in der Behandlung von Knorpelläsionen als obsolet.
- d. Die autologe Chondrozytentransplantation (ACT) ist bei umschriebenen Knorpeldefekten sinnvoll.
- e. Bandagen können zur Schmerzlinderung und Funktionsverbesserung des Kniegelenks beitragen.

## Modul 2: Propriozeption in der Praxis

Prof. Dr. med. Stefan Sell

Chefarzt Klinik für Endoprothetik und Gelenkchirurgie  
Sana Gelenk- und Rheumazentrum Baden-Württemberg

König-Karlstrasse 3

75323 Bad Wildbad

Phone: +49-7081-173-561

Fax: +49-7081-173-569

Email: [gelenkzentrum@sana-wildbad.de](mailto:gelenkzentrum@sana-wildbad.de)

VNR: 2760909004644480015

Gültigkeitsdauer: 01.09.2013 – 01.09.2014

### 1. Einleitung

Die Natur hat den Menschen mit einem komplex verschalteten Nerven- und Informationssystem ausgestattet, das ihm ermöglicht, Reize wahrzunehmen und darauf angemessen zu reagieren. Propriozeption erfasst die Wahrnehmung der Stellung der Gliedmaßen zueinander, der Bewegung der Gelenke und des Widerstandes, gegen den eine Bewegung ausgeführt wird. Sie ist essenziell für die Steuerung von Bewegungsabläufen. Durch Trauma, degenerative Krankheitsprozesse oder chirurgischen Eingriff kommt es jedoch häufig zur Störung von Rezeptoren und damit zu einer direkten Beeinträchtigung der Propriozeption.

Diese Fortbildung erläutert die Funktionsweise des propriozeptiven Systems und seine Bedeutung. Sie stellt dar, wie Bandagen und Orthesen ihre Wirkung über eine Stärkung der Propriozeption entfalten und in der Prävention, Behandlung und Rehabilitation von Verletzungen am Knie- und Sprunggelenk effektiv eingesetzt werden können.

### 2. Propriozeptoren – sensible Strukturen der Propriozeption

Die für die Propriozeption verantwortlichen Sensoren bezeichnet man als Propriozeptoren. Lokalisiert sind die Propriozeptoren in Gelenken, partizipierender Muskulatur, Sehnen, Bändern, Bindegewebe und der über den Gelenken liegenden Haut. Sie sind Voraussetzung für die Steuerung der Motorik.

Zu den Propriozeptoren gehören:

- Muskelspindeln in der Skelettmuskulatur,
- Sehnenorgane (Golgi-Sensoren) in den Muskelsehnen,
- Mechanorezeptoren in Gelenkkapseln, Bändern, Bindegewebe und der über den Gelenken liegenden Haut.

Die Propriozeptoren der quergestreiften Skelettmuskulatur bezeichnet man als **Muskelspindel** (Fusus neuromuscularis). Die Dichte der Muskelspindeln ist je nach Funktion der Muskulatur sehr unterschiedlich. Muskeln, die sehr differenzierte Bewegungen ausführen, z.B. die Muskulatur der Augen, der Hände und des Nackens, haben die höchste Dichte an Muskelspindeln.

Muskelspindeln sind Dehnungsrezeptoren. Die Dehnung eines Muskels bewirkt zugleich eine Dehnung der Muskelspindeln. Die Muskelspindeln sind mit afferenten Nervenendigungen, den Ia-Fasern, ringförmig umwickelt (Abbildung 1, Seite 18). Über die dicken, markhaltigen Ia-Fasern wird die Erregung mit hoher Geschwindigkeit (70–120 m/s) in das Rückenmark geleitet.

Die Dehnungsrezeptoren der Sehnen bezeichnet man als Sehnenorgane (Fusus neurotendineus). Sie werden durch mechanischen Druck aktiviert und registrieren den Spannungszustand im Muskel-Sehnen-System. Die Sehnenorgane liegen am Muskel-Sehnen-Übergang. Die von der Sehnenorgane abgehenden Afferenzen sind dicke markhaltige Ib-Fasern (70–120 m/s). Kommt es neben der Längenverän-

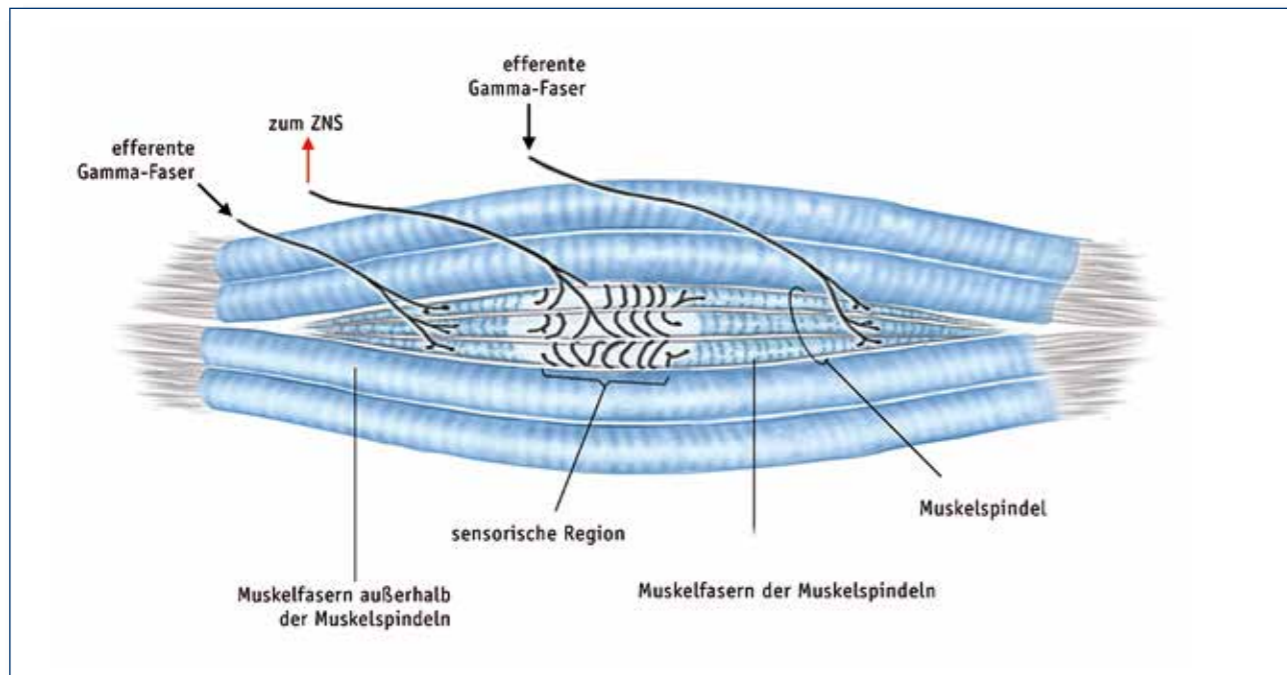


Abbildung 1: Muskelspindel

### Dehnungsreflex

Unwillkürliche Reaktionen (Reflexe) sind schon auf Rückenmarksebene möglich. Ein Beispiel dafür ist der Dehnungsreflex. Wird ein Skelettmuskel plötzlich gedehnt, reagieren die Muskelspindeln. Ihre Dehnung führt zur Erregung der  $\alpha$ (Ia)-Fasern und  $\beta$ (Typ II)-Fasern, die beide über die Hinterwurzel zum Vorderhorn des Rückenmarks ziehen und dort direkt die  $\alpha$ -Motoneurone desselben Muskels erregen, was zu dessen Kontraktion führt. Ungewollte (passive) Längenänderungen eines Muskels, z.B. das Umknicken eines Fußes, werden so über Reflexe wieder korrigiert.

[Thews et al. 2007]

derung (Muskelspindeln als Sensoren) zu einer Spannungszunahme des Muskels, reagiert die Sehnenspindel.

Als Gelenkrezeptoren bezeichnet man bestimmte Mechanorezeptoren, die auch in der Haut und im Bindegewebe vorkommen. Bei allen Mechanorezeptoren kommt es nach kurzer Zeit zu einer Adaptation an gleich bleibende Reize. Dadurch bleiben die Rezeptoren empfindlich für die Erfassung neuer Reizsituationen. Mechanorezeptoren werden nach ihrem Adaptionsverhalten eingeteilt. In der Literatur

### Einteilung der Mechanorezeptoren:

#### SA (»slowly adapting«):

SA-I-Rezeptoren oder **Merkel-Scheiben** reagieren vor allem auf senkrechten Druck. SA-II-Rezeptoren oder **Ruffini-Körperchen** reagieren vor allem auf Dehnreize.

#### RA (»rapidly adapting«):

RA-Rezeptoren oder **Meissner-Körperchen** reagieren vor allem auf Bewegungsreize.

#### PC (sehr schnell adaptierende Rezeptoren):

PC-Rezeptoren, Pacini Corpuscle oder **Vater-Pacini-Lamellenkörperchen** reagieren vor allem auf Vibrationsreize.

[Haus 2005]

findet man häufig auch die histologischen Bezeichnungen, die die Namen der Erstbeschreiber der Rezeptoren tragen (Abbildung 2, Seite 19).

Als Gelenkkapselorgane sind vor allem Ruffini-Körperchen und Vater-Pacini-Lamellenkörperchen von Bedeutung. Diese Rezeptoren geben Informationen über die Gelenkstellungen.

Rezeptor	Reaktionsweise	Impuls-Frequenz
Merkel-Scheiben	kontinuierlich (langsam adaptierend)	0,3-3 Hz langsam fortschreitend
Meissner-Körperchen	reagiert auf Veränderung (schnell adaptierend)	3-40 Hz
Ruffini-Körperchen	kontinuierlich (schnell adaptierend)	15-400 Hz
Vater-Pacini Lamellenkörperchen	reagiert auf Veränderungen (schnell adaptierend)	10-500 Hz hochfrequentierte Vibration

Abbildung 2: Übersicht der Eigenschaften von Mechanorezeptoren

## 3. Was ist Propriozeption?

Der Begriff basiert auf zwei lateinischen Wörtern: Proprium = das Eigene und Receptio = die Aufnahme. Die Bezeichnung wurde von C.S. Sherrington geprägt, der sie 1906 erstmals in einer Publikation verwandte. Propriozeption beschreibt also Wahrnehmungen aus dem eigenen Körper und zwar:

- die Stellung der Gliedmaßen zueinander,
- die Richtung und Geschwindigkeit von passiven und aktiven Bewegungen der Gelenke und
- den Widerstand, gegen den eine Bewegung durchgeführt wird (Kraft).

Die Propriozeption hat somit eine große Bedeutung für die Funktionalität des Stütz- und Bewegungsapparates. Für die Rezeption des Kraftsinns sind in erster Linie Muskelspindeln und Sehnenrezeptoren verantwortlich. Der Bewegungssinn wird vor allem von den Rezeptoren der Gelenkkapseln und der Bänder vermittelt. Auch die Informationen über die Winkelstellung der Gelenke werden maßgeblich von den genannten Rezeptoren erfasst.

Die von den Propriozeptoren empfangenen Informationen gelangen über afferente Bahnen über die Hinterwurzel (Radix posterior sensoria) in das Rückenmark. Von dort werden die mechanosensorischen Informationen vor allem durch das Hinterstrangsystem zu den spezifischen Thalamuskernen geleitet. Die zum Thalamus aufsteigenden

Bahnen enden vorwiegend im Gyrus postcentralis. Hier besteht eine den Körperregionen zugeordnete Somatotopie. Die sensorischen Zuflüsse zum Kortex können an allen Umschaltstationen (Rückenmark, Medulla oblongata und Thalamus) durch absteigende efferente Bahnen aus dem Kortex gehemmt werden.

### 3.1 Bedeutung der Propriozeption für den Bewegungsapparat

Propriozeptive Informationen sind Sinneswahrnehmungen. Zu diesen gehören auch visuelle Informationen und Wahrnehmungen des Gleichgewichtsorgans (Abbildung 3, Seite 20).

Die Propriozeption ist essenziell für die Steuerung von Bewegungsabläufen und die Gelenkstabilität [Riemann und Lephart 2002]. Umgekehrt bedeutet dies, dass eine Störung der Propriozeption mit einer Minderung des Koordinationsvermögens und/oder der Muskelaktivierung (Recruitment) einhergeht [Ting und McKay 2007, Todorow 2004, Pässler 1997]. Störungen der Sensomotorik führen zu Beeinträchtigungen in der Bewegungsplanung – zur Dyspraxie. Eine der möglichen Ursachen kann eine propriozeptive Sensibilitätsstörung sein (rezeptive Dyspraxie). Dieses Defizit lässt sich in einem bestimmten Maß durch das Bewusstsein ausgleichen, so kann sich beispielsweise die Bewegung bessern, so lange die Person sich darauf konzentriert.

Durch Trauma, degenerative Krankheitsprozesse oder chirurgischen Eingriff kommt es häufig zum Ausfall von Rezeptorgewebe sowie einer direkten Beeinträchtigung der kinästhetischen Wahrnehmung. Ein posttraumatisches sensomotorisches Defizit aufgrund fehlender propriozeptiver Afferenzen gilt als Ursache für eine posttraumatische funktionelle Gelenkinstabilität [Thorwesten 2001].

Bei Patienten mit Ruptur des vorderen Kreuzbandes fand man am betroffenen Kniegelenk Defizite hinsichtlich der propriozeptiven Fähigkeiten. Unklar blieb allerdings die Kausalität, d.h. bedingte die Verletzung Einschränkungen in der Propriozeption oder bestanden bereits vor der Läsion propriozeptive Defizite, die den Verletzungseintritt förderten. Denkbar ist allerdings auch, dass beide Phänomene koexistent sind [Haas et al. 2006].

### 3.2 Zusammenwirken von Gelenkstabilität, motorischer Kontrolle und Propriozeption

Der Körper ist in der Lage, sich sowohl statisch als auch in Bewegung automatisch in aufrechter Position auszubalancieren. Diese so genannte posturale Kontrolle basiert auf der zentralnervalen Verarbeitung von Wahrnehmungen des Vestibularorgans, des visuellen Systems, der Propriozeptoren

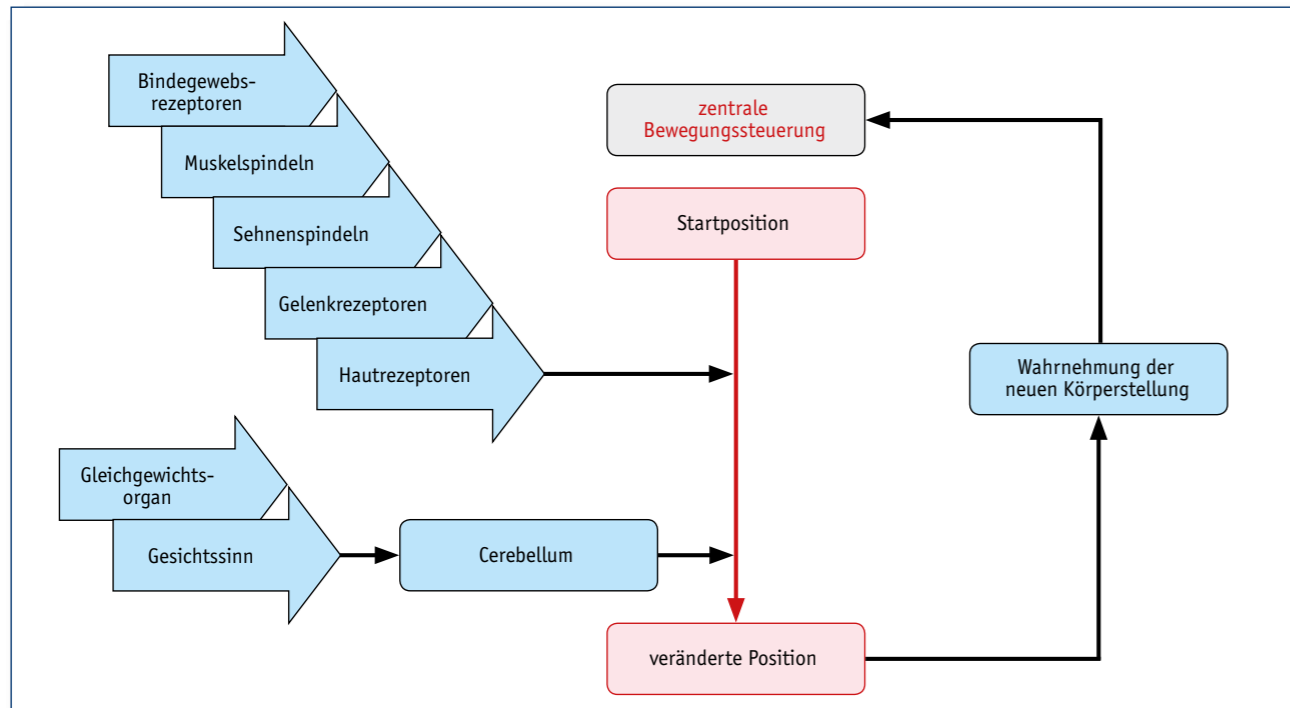


Abbildung 3: Zusammenwirken passiver und aktiver Kontrollsysteme im Gelenk [modifiziert nach Jerosch und Prymka 1996-2]

und der Außenwahrnehmung sowie auf der mentalen Vorwegnahme zukünftiger Bewegungsabläufe (Antizipation). Für die Kontrolle der Haltung ist die koordinierte Abfolge von Kontraktionen der Halte- und Stützmuskulatur wichtig. Die Abläufe werden von motorischen Hirnstammkernen und dem Kleinhirn gesteuert. Die Muskelkontraktionen stabilisieren nacheinander die distalen und proximalen Gelenke, das Hüftgelenk und schließlich den Körperstamm. Das Zusammenwirken von motorischer Kontrolle, Propriozeption und Stabilität einzelner Gelenke bis zur Koordination mehrerer Gelenke ist ein sehr komplexes dynamisches System, das sich am anschaulichsten durch das folgende neurobiologische Modell beschreiben lässt (Abbildung 4, Seite 21) [Panjabi 1992].

#### 4. Funktion und Wirkungsweise von Bandagen und Orthesen

Bandagen spielen im Rahmen präventiver und therapeutischer Interventionen bei einer Vielzahl von Gelenkerkrankungen und -verletzungen eine bedeutende Rolle. Neben ihren mechanisch stabilisierenden Eigenschaften entfalten Bandagen ihre Wirkung vor allem durch die Beeinflussung des sensorischen Systems: Sie stimulieren die Propriozeption vor allem über Mechanorezeptoren in der Haut (Abbildung 5, Seite 21) [Edin 2001] und über Rezeptoren periartikulär. Elastische Bandagen beanspruchen die Hautareale rund um das Gelenk bei jeder Bewegung. Durch diese Wechselwirkung mit den Mechanorezeptoren in der Subcutis werden die affe-

renten Funktionen stimuliert, das neuromuskuläre Feedback verbessert und die Gelenkstabilität erhöht. Über die direkte Stimulation der Hautoberfläche hinaus kommt es durch die Kompression der Haut und des subkutanen Bindegewebes zu einer „Vor-Spannung“, d.h. die hier befindlichen Mechanorezeptoren werden nun bei jeder Bewegung leichter oder schneller gereizt. Diesen Effekt bezeichnet man als Mechanotransduktion [Ingber 2008].

Einige Studien belegten, dass Bandagen am Kniegelenk die propriozeptive Wahrnehmung verbessern. Dies konnte sowohl bei gesunden Erwachsenen und Kindern [Perlau et al. 1995, Braumann et al. 2002] als auch bei Menschen mit Kreuzbandverletzungen [Jerosch und Prymka, 1996-1] gezeigt werden. Stabilisierende Orthesen und Bandagen können pharmakotherapeutische bzw. rehabilitative Maßnahmen bei Patienten mit degenerativen, entzündlichen, posttraumatischen und postoperativen Kniegelenksbeschwerden wirkungsvoll unterstützen. Bei all den genannten Ursachen haben sie einen bedeutsamen positiven Einfluss auf die Propriozeption und die Symptomatik einschließlich Schmerz [Reer et al. 2005, Hurley et al. 1997, Jerosch et al. 1997, Sell et al. 1993]. Eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten für medizinische Hilfsmittel sind auch am Sprunggelenk beschrieben. So werden sie einerseits im Rahmen konservativer, aber auch postoperativer Therapiemaßnahmen nach Distorsionstraumen des oberen Sprunggelenks eingesetzt, andererseits aber auch präventiv zur Reduktion des Verletzungsrisikos bei bestimmten Sportarten [Thorwesten 2001].

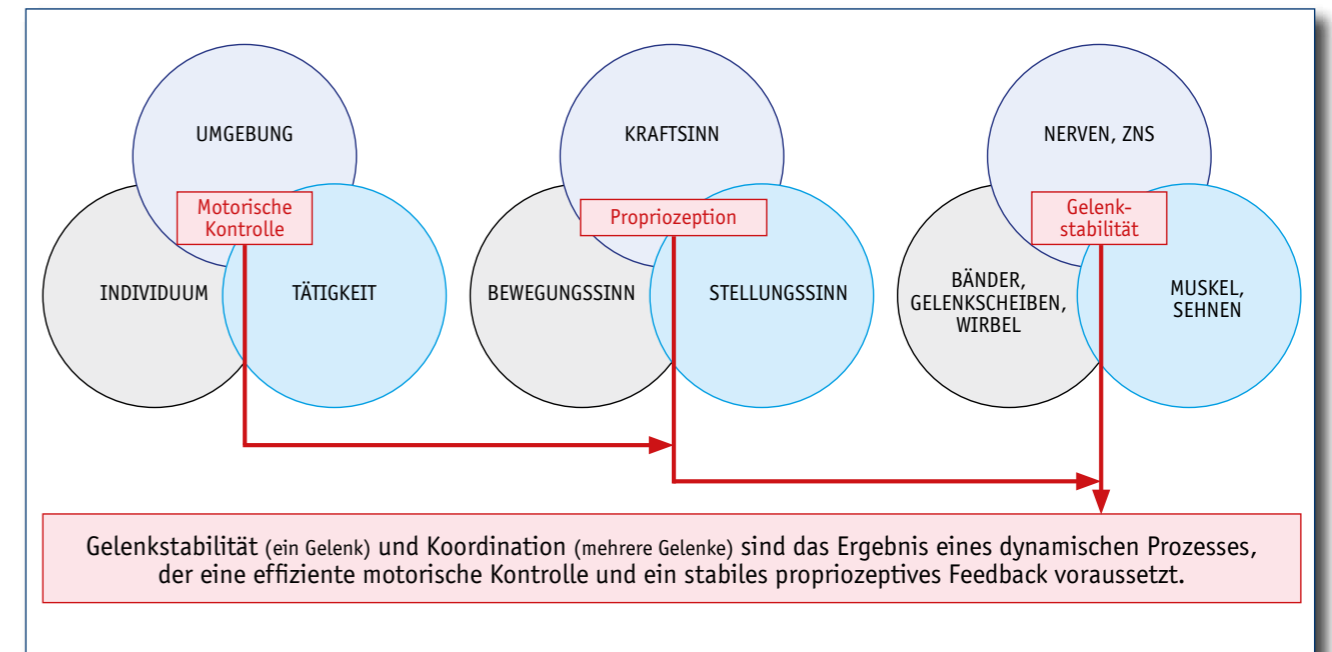


Abbildung 4: Zusammenwirken von motorischer Kontrolle, Propriozeption und Gelenkstabilität [modifiziert nach Shumway-Cook et al. 2002, Panjabi 1992]

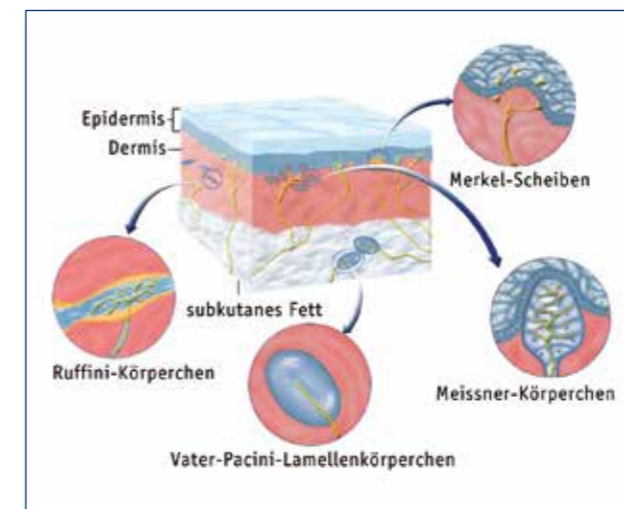


Abbildung 5: Mechanorezeptoren in der Haut

Bei der Auswahl einer Bandage ist auf eine anatomische Passform zu achten, da nur diese den permanenten Kontakt mit der Epidermis und den oberflächlichen Mechanorezeptoren ermöglicht. Gleichzeitig übt sie eine tiefe Kompression aus und steigert so die Mechanotransduktion. Die Kompression durch die Bandage darf allerdings nicht zu stark sein, um den Tragekomfort und damit die Compliance nicht einzuschränken. Bandagen aus gestricktem Material mit Gelenkstabilisatoren werden im Hinblick auf Tragekomfort und Anwendung beim Sport deutlich besser beurteilt als Hartschalenorthesen [Braumann 2002].

#### 4.1 Einsatz von Bandagen und Orthesen bei Arthrose/Arthritis

Physiologischerweise nimmt im Alter die propriozeptive Wahrnehmung im Kniegelenk ab. Bei Vorliegen einer Gonarthrose verringert sich die Propriozeption noch weiter. Barrett und Kollegen zeigten, dass diese Defizite durch das Tragen einer elastischen Kniebandage kompensiert werden können [Barrett et al. 1991]. Von besonderer Bedeutung ist die Verbesserung der Koordinationsmechanismen durch die propriozeptive Wirkung der Bandage [Erggelet 2003].

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam eine Studie bei chronischer Polyarthrit. Sie wies eine signifikant schlechtere Propriozeption in entzündlich veränderten Kniegelenken nach. Mit einer Kniebandage konnte die Propriozeption deutlich gebessert werden. Es wurde eine erheblich verbesserte Gelenkwahrnehmung des Kniegelenks festgestellt [Sell et al. 1992].

In einer Studie mit 170 Gonarthrose-Patienten trug etwa die Hälfte der Patienten ergänzend zu einer konservativen Therapie über sechs Wochen eine elastische Kniebandage. Die Patienten mit Kniebandage hatten signifikant weniger Schmerzen sowohl am Tag als auch in der Nacht und unter Bewegung als die Kontrollgruppe. Da das Tragen der Bandage von den Patienten aufgrund der einfachen Anwendung zudem sehr gut akzeptiert wurde, empfahlen die Autoren, die Bandage grundsätzlich als ergänzende Therapiemaßnahme zur konservativen Therapie bei Gonarthro-

se einzusetzen [Berry et al. 1992]. Dass Bandagen einen wichtigen Beitrag zur Schmerzlinderung und Funktionsverbesserung bei Gonarthrose leisten können, ist auch das Ergebnis eines auf fünf kontrollierten Studien basierenden Cochrane Review (Evidenzgrad Ib) [Brouwer et al. 2005].

#### 4.2 Einsatz von Bandagen und Orthesen bei akuten Verletzungen sowie in der Rehabilitation

Ein isolierter Riss des vorderen Kreuzbandes erniedrigt die Propriozeption im Kniegelenk. Durch das Tragen einer Kniebandage lässt sich diese schon vor der chirurgischen Intervention wieder verbessern. Die operative Rekonstruktion des Kreuzbandes hat dagegen keinen positiven Einfluss auf die Propriozeption des Kniegelenks [Jerosch und Prymka 1996-1]. In einer prospektiven randomisierten klinischen Studie wurde der Effekt einer Kniebandage nach vorheriger vorderer Kreuzband-Rekonstruktion untersucht. 60 Patienten wurden randomisiert in zwei Gruppen eingeteilt: Eine Gruppe erhielt keine Bandage, die andere trug zunächst über zwei Wochen rehabilitative Stützen und danach über 10 Wochen eine Funktionsbandage. Im Ergebnis verbesserten die Bandagen im 3-Monats-follow up die Knie-Funktion signifikant positiv [Risberg et al. 1999].

#### 4.3 Prävention von Sportverletzungen mit Bandagen

Der präventive Effekt von Bandagen zum Schutz von Sportverletzungen wurde sowohl für das Sprunggelenk als auch das Kniegelenk in einer Reihe von Untersuchungen belegt.

Am unverletzten Knie verbessert das Tragen einer Bandage die Propriozeption. Der Zugewinn ist umso größer, je geringer die propriozeptiven Fähigkeiten des Knies zuvor waren [Perlau et al. 1995]. Somit kann eine Bandage bei Sportlern möglichen individuellen Schwachstellen entgegenwirken, bevor sie zu einer Verletzung führen.

Auch einer Überbelastung des Kniegelenks durch intensives Training kann durch Tragen einer Bandage (hier mit stützendem Patella-Ring) entgegengewirkt werden. Für die Sportler war erfreulich, dass die Bandage den Trainingseffekt nicht einschränkte [BenGal et al. 1997].

Rugby ist eine Sportart mit hohem Risiko für Knieverletzungen. In einer Reihe von Studien wurde ein Verletzungsschutz durch eine prophylaktisch getragene Kniebandage nachgewiesen. Es konnte gezeigt werden, dass diese Schutzwirkung auf einer verbesserten Propriozeption beruht. Die Bandage stimuliert die Haut während der Gelenkbewegung und übt Druck auf die darunter liegende Muskulatur und die Gelenkkapsel aus. Dadurch werden Propriozeptoren wie Merkel-Scheiben und Meissner-Körperchen angeregt [Krüger et al. 2004].

In einer prospektiven Kohorten-Studie an Skifahrern mit vorhergehender Rekonstruktion von Kreuzbandverletzungen konnte ebenfalls der präventive Effekt von stützenden Kniebandagen gezeigt werden. Der Anteil erneut knieverletzter Sportler lag in der Gruppe ohne Bandage signifikant höher (6,4 fach) [Sterett et al. 2006].

Athleten, die bereits eine Verstauchung am Sprunggelenk erlitten haben, können das Risiko einer erneuten Verletzung durch das Tragen einer Stützbandage senken [Beynnon et al. 2002]. Ozer und Kollegen untersuchten den Effekt von Bandagen hinsichtlich Balance, Sprungleistung und Gelenkkoordination und fanden eine Verbesserung der Propriozeption. Sie folgerten, dass Bandagen eine wichtige Rolle in der Prävention und Rehabilitation von Sprunggelenksverletzungen spielen [Ozer et al. 2009].

### 5. Fazit

Die Propriozeption beschreibt Wahrnehmungen aus dem Körper: die Stellung der Gliedmaßen zueinander (Stellungssinn), die Richtung und Geschwindigkeit von passiven und aktiven Bewegungen der Gelenke (Bewegungssinn) und den Widerstand, gegen den eine Bewegung durchgeführt wird (Kraftsinn). Die für die Propriozeption verantwortlichen Sensoren bezeichnet man als Propriozeptoren. Zu den Propriozeptoren gehören die Muskelspindeln in der Skelettmuskulatur, die Sehnenorgane in den Muskelsehnen und die Gelenkrezeptoren in Gelenkkapseln und Bändern. Zudem sind die Mechanorezeptoren in der Subcutis wichtiger Bestandteil des propriozeptiven Systems. Durch Trauma und degenerative Prozesse in einem Gelenk kann es zur Abnahme der Propriozeption und zur Gelenkinstabilität kommen.

Elastische Bandagen können die Propriozeption in einem Gelenk und seiner Umgebung verbessern. Dadurch fördern sie die Gelenkstabilität und reduzieren den Schmerz. Aus diesem Grund haben elastische Bandagen einen hohen Stellenwert in der Therapie der Gonarthrose und in der Behandlung von Sportverletzungen des Knies und Sprunggelenks. In Sportarten mit hohem Verletzungsrisiko für das Knie- und Sprunggelenk haben sich elastische Bandagen auch in der Prävention bewährt.

## 6. Literatur

- Barrett DS, Cobb AG, Bentley G. Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J Bone Joint Surg* 1991;73-B:53-6
- BenGal S, Lowe J, Mann G, Finsterbush A, Matan Y. The role of the knee brace in the prevention of anterior knee pain syndrome. *Am J Sports Med* 1997;25:118-22
- Berry H, Black C, Fernandes J, et al. Controlled trial of a knee support („Genu-train“) in patients with osteoarthritis of the knee. *Eur J Rheumatol Inflamm* 1992;12(3):30-4
- Beynnon BD, Murphy DF, Alosa DM. Predictive factors for lateral ankle sprains: a literature review. *Journal of Athletic Training* 2002;37(4):376-380
- Braumann KM, Patra S, Reer R, Kabelka BM. Über den Einfluss von Knieorthesen beim Sport. *Orthopädie-Rechnik* 2002;11:862-6
- Brouwer RW, van Raaij TM, Jakma TT, Verhagen AP, Verhaar JAN, Bierma-Zeinstra SMA. Braces and orthoses for treating osteoarthritis of the knee. *Cochrane Database Syst Rev* 2005;1,CD004020
- Edin B Cutaneous afferents provide information about knee joint movements in humans. *J Physiol* 2001 Feb 15;531(Pt 1):289-97
- Ergelet C. Wertigkeit von Bandagen und Orthesen zur Behandlung der Gonarthrose. *Dtsch Z Sportmed* 2003;56:196-8
- Haas CT, Turbanski S, Schmidtbleicher D. Propriozeption und Verletzungsprävention. *Sportverl Sportschad* 2006;20:107-11
- Haus K-M. Neurophysiologische Behandlung bei Erwachsenen. Grundlagen der Neurologie, Behandlungskonzepte, Alltagsorientierte Therapieansätze. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2005:54-69
- Hurley MV, Scott DL, Rees J, Newham DJ. Sensorimotor changes and functional performance in patients with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1997;56:641-8
- Ingber DE. Tensegrity and mechanotransduction. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 2008;12:198-200
- Jerosch J, Prymka M. Knee joint proprioception in normal volunteers and patients with anterior cruciate ligament tears, taking special account of the effect of a knee bandage *Arch Orthop Trauma Surg* 1996-1;115:162-6
- Jerosch J, Prymka M. Proprioception and joint stability. *Knee Surg Sport Trauma* 1996-2;4:171-9
- Jerosch J, Schmidt K, Prymka M. Beeinflussung der propriozeptiven Fähigkeiten von Kniegelenken mit einer primären Gonarthrose. *Unfallchirurg.* 1997;100(3):219-24
- Krüger TH, Coetsee MF, Davies S. The effect of prophylactic knee bracing on proprioception performance in first division rugby union players. *Sport Med* 2004;16(1):33-6
- Ozer D, Senbursa G, Baltaci G, Hayran M. The effect on neuromuscular stability, performance, multi-joint coordination and proprioception of barefoot, taping or preventative bracing. *Foot (Edinb)* 2009;9(4):205-10
- Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord.* 1992 Dec;5(4):383-9; discussion 397
- Pässler HH. Beschleunigte Rehabilitation nach Kreuzbandverletzungen. *Arthroskopie* 1997;10:267-73
- Perlau P, Frank C, Fick G. The Effect of elastic bandages on human knee proprioception in the uninjured population. *Am J Sports Med* 1995;23(2):251-5
- Reer R, Nagel V, Braumann K-M. Welchen Einfluss haben Knieorthesen auf Stabilität und physische Leistungsfähigkeit beim Inline-Skating? *Orthopädie Technik* 2005;11
- Riemann BL, Lephart SM. The sensomotoric system. Part II. The role of proprioception in motor control and functional joint stability. *J Athlet Train* 2002;37(1):80-4
- Risberg MA, Holm I, Steen H, Eriksson J, Ekland A. The effect of knee bracing after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective, randomized study with two years' follow-up. *Am J Sports Med.* 1999;27(1):76-83
- Sell S, Zacher J, Lack S, Goethe S. Kniepropriozeption bei der chronischen Polyarthrit. *Akt Rheumatol* 1992;6(17) 173-7
- Sell S, Zacher J, Lack S. Propriozeptionsstörung am arthrotischen Kniegelenk. *Z Rheumatol* 1993;52(3):150-5
- Sherrington CS. The integrative action of the nervous system. Yale University Press, New Haven, 1906 (wiederveröffentlicht durch Cambridge University Press 1947)
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice. Rieman und Lepart, 2002
- Sterett WL, Briggs KK, Farley T, Steadman JR. Effect of functional bracing on knee injury in skiers with anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective cohort study. *Am J Sports Med* 2006;34:1581-5
- Thews G, Mutschler E, Vaupel P. Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie des Menschen. Wiss. Verl.-Ges., Stuttgart, 2007:5702 und 774-5
- Thorwesten L. Orthesen- und Bandagenapplikation im Sport - Hilfe oder Hindernis? Der Einfluss äußerer Stabilisierungshilfen auf das sensomotorische System und die sportliche Leistungsfähigkeit. *Med Orth Tech* 2001;121:S89-95
- Ting LH und McKay JL. Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement. *Curr Opin Neurobiol* 2007;17:622-628
- Todorow E, Weiwei L, Xichuan P. From task parameters to motor synergies: a hierarchical framework for approximately optimal control of redundant manipulators. *J Robot Syst* 2005;22(11):691-710

## Lernkontrollfragen Modul 2

Bitte kreuzen Sie jeweils nur **eine** Antwort an.

1. Welche Aussage zu den Propriozeptoren ist **richtig**?

Propriozeptoren ...

- a. dienen der Schmerzwahrnehmung.
- b. kommen besonders häufig in der Darmmukosa vor.
- c. sind Voraussetzung für die Steuerung der Motorik.
- d. spielen für die Immunantwort des Organismus eine wichtige Rolle.
- e. sind Bestandteil des sympathischen Nervensystems.

2. Welche der genannten Rezeptoren sind **keine** Propriozeptoren?

- a. Muskelspindeln in der Skelettmuskulatur
- b. Sehnenorgane (Golgi-Sensoren) in den Muskelsehnen
- c. Mechanorezeptoren in Gelenkkapseln und Bändern
- d. Nozizeptoren der Haut
- e. Mechanorezeptoren in Bindegewebe und der über den Gelenken liegenden Haut

3. Welche Aussage zu Muskelspindeln ist **falsch**?

- a. Die Propriozeptoren der quergestreiften Skelettmuskulatur bezeichnet man als Muskelspindel.
- b. Die Dichte der Muskelspindel ist je nach Funktion der Muskulatur sehr unterschiedlich.
- c. Muskeln, die sehr differenzierte Bewegungen ausführen, haben die niedrigste Dichte an Muskelspindeln.
- d. Muskelspindeln sind Dehnungsrezeptoren.
- e. Die Dehnung eines Muskels bewirkt zugleich eine Dehnung der Muskelspindeln.

4. Welche Aussage zu den Mechanorezeptoren ist **falsch**?

- a. Merkel-Scheiben gehören zu den langsam adaptierenden Mechanorezeptoren.
- b. Merkel-Scheiben reagieren vor allem auf Vibrationsreize.
- c. Ruffini-Körperchen reagieren vor allem auf Dehnreize.
- d. Meissner-Körperchen reagieren vor allem auf Bewegungsreize.
- e. Vater-Pacini-Lamellenkörperchen gehören zu den sehr schnell adaptierenden Mechanorezeptoren.

5. Welche Aussage ist **richtig**?

Propriozeption beschreibt die Wahrnehmung aus dem eigenen Körper und zwar:

- a. ausschließlich die Wahrnehmung der Stellung der Gliedmaßen zueinander.
- b. ausschließlich die Wahrnehmung der Richtung und Geschwindigkeit von passiven und aktiven Bewegungen der Gelenke.
- c. ausschließlich die Wahrnehmung des Widerstandes, gegen den eine Bewegung durchgeführt wird (Kraft).
- d. ausschließlich die Wahrnehmung der Stellung und der Bewegung.
- e. die Wahrnehmung der Stellung, der Bewegung und des Widerstandes, gegen den eine Bewegung durchgeführt wird.

6. Welche Aussage ist **falsch**?

Die posturale Kontrolle basiert auf der zentralnervalen Verarbeitung von Wahrnehmungen ...

- a. der Geschmacksnerven.
- b. des Vestibularorgans.
- c. des visuellen Systems.
- d. der Propriozeptoren.
- e. der Außenwahrnehmung.

7. Welche Aussage zur Funktion und Wirkungsweise von Bandagen und Orthesen ist **falsch**?

- a. Sie stimulieren die Propriozeption vor allem über Mechanorezeptoren in der Haut und Rezeptoren periartikulär.
- b. Sie stimulieren die afferenten Funktionen.
- c. Sie verbessern das neuromuskuläre Feedback.
- d. Sie vermindern die Gelenkstabilität.
- e. Sie führen über die Kompression der Haut und des subkutanen Bindegewebes zu einer „Vor-Spannung“, wodurch die Mechanorezeptoren schneller gereizt werden.

8. Welche Aussage zur Auswahl von Bandagen ist **richtig**?

- a. Bandagen sollten möglichst locker sitzen.
- b. Bei der Auswahl einer Bandage ist auf eine anatomische Passform zu achten.
- c. Ein permanenter Kontakt der Bandage zur Epidermis ist zu vermeiden.
- d. Bandagen sollten möglichst stramm sitzen.
- e. Bandagen aus gestricktem Material werden im Hinblick auf Tragekomfort und Anwendung beim Sport deutlich schlechter beurteilt als Hartschalenorthesen.

9. Welche Aussage ist **falsch**?

Das Tragen von Bandagen bzw. Orthesen verbessert die Propriozeption ...

- a. bei Gonarthrose.
- b. bei chronischer Polyarthrititis.
- c. beim isolierten Riss des vorderen Kreuzbandes.
- d. beim unverletzten Knie.
- e. bei plantarem Druckschmerz.

10. Welche Aussage ist **falsch**?

- a. Bandagen führen zur Schmerzlinderung und Funktionsverbesserung bei Gonarthrose.
- b. Wenn bereits ein isolierter Riss des vorderen Kreuzbandes eingetreten ist, hat eine Kniebandage keinen Einfluss mehr auf die Propriozeption.
- c. Bandagen können das Sprunggelenk nachgewiesenermaßen vor Sportverletzungen schützen.
- d. Bandagen können das Kniegelenk nachgewiesenermaßen vor Sportverletzungen schützen.
- e. Je geringer die propriozeptiven Fähigkeiten des Knies zuvor waren, desto mehr kann die Propriozeption durch eine Bandage verbessert werden.

Bitte füllen Sie die nachfolgenden Seiten aus  
und faxen diese an:

CME medipoint

**Fax: +49 (0)911-37 82 01 44**





**Evaluation der Fortbildung**  
**Modul 1:**  
**Das Kniegelenk: Diagnostik und Therapie**

Diese Fortbildung wurde durch die bayerische Landesärztekammer für den Erwerb des Fortbildungszertifikates anerkannt. Bitte tragen Sie zur Qualitätssicherung der Fortbildung durch die Rückgabe des ausgefüllten Evaluationsbogens an den Veranstalter bei. Die Beantwortung der Evaluation ist freiwillig.

**Fax-Nr. 0911 – 37 82 01 44**

**Bitte bewerten Sie nach dem Schulnoten-System (1 = ja, sehr, 6 = gar nicht)**

	1	2	3	4	5	6
A) Meine Erwartungen hinsichtlich der Fortbildung haben sich erfüllt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B) Während des Durcharbeitens habe ich fachlich gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C) Der Text hat Relevanz für meine praktische Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D) Die Didaktik, die Eingängigkeit und die Qualität des Textes sind sehr gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E) Der Aufwand für die Bearbeitung hat sich (zeitlich und organisatorisch) gelohnt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F) In der Fortbildung wurde die Firmen- und Produktneutralität gewahrt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G) Diese Form der Fortbildung möchte ich auch zukünftig erhalten:	<input type="checkbox"/> ja		<input type="checkbox"/> nein			
H) Meine Fortbildungen verteilen sich prozentual wie folgt:	___ % Präsenzveranstaltungen					
	___ % digitale Fortbildung (Online, CD)					
	___ % schriftliche Fortbildungen					

I) Wurden aus der Sicht Ihrer täglichen Praxis heraus wichtige Aspekte der Thematik nicht erwähnt?  ja  nein Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

zu knapp abgehandelt?  ja  nein Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

überbewertet?  ja  nein Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

J) Welche Wünsche bleiben für künftige Fortbildungen offen?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Auswertung der Lernerfolgskontrolle**  
**Modul 2:**  
**Propriozeption in der Praxis**

VNR: 2760909004644480015  
 Gültigkeitsdauer: 01.09.2013 – 01.09.2014

Vergabe eines Teilnahme-Zertifikates der bayerischen Landesärztekammer:  
 Bei 7 bis 9 richtig beantworteten Fragen erhalten Sie 2 Fortbildungspunkte,  
 bei 10 richtig beantworteten Fragen erhalten Sie 3 Fortbildungspunkte.

**Fax-Nr. 0911 – 37 82 01 44**

**Bitte die Angaben zur Person leserlich ausfüllen:**

Außendienst-Stempel

EFN bzw. Barcode Aufkleber

---

EFN-Nummer eintragen oder Aufkleber aufkleben

	a	b	c	d	e
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Frau:     Herr:

\_\_\_\_\_  
 Titel, Vorname, Name

\_\_\_\_\_  
 Straße, Hausnummer

\_\_\_\_\_  
 PLZ, Ort

Erklärung:  
 Ich versichere, dass ich die Beantwortung der Fragen selbstständig und ohne fremde Hilfe durchgeführt habe. Der Zustellung der Teilnahmebescheinigung durch den Sponsor stimme ich zu.

\_\_\_\_\_  
 Ort / Datum

\_\_\_\_\_  
 Unterschrift

Zusätzliche Daten (Angabe ist freiwillig):

niedergelassener Arzt

angestellt - Klinik

angestellt - sonstiger Arbeitgeber

Fachgebiet: \_\_\_\_\_

Arztstempel

Datenschutz:  
 Ihre Daten werden ausschließlich für die Auswertung der Antworten verwendet. Es erfolgt keine Speicherung der Ergebnisse über die für die Bearbeitung der Fortbildungseinheit notwendige Zeit hinaus. Namens- und Adressangaben dienen nur dem Versand der Teilnahmebescheinigungen.

**Evaluation der Fortbildung  
Modul 2:  
Propriozeption in der Praxis**

Diese Fortbildung wurde durch die bayerische Landesärztekammer für den Erwerb des Fortbildungszertifikates anerkannt. Bitte tragen Sie zur Qualitätssicherung der Fortbildung durch die Rückgabe des ausgefüllten Evaluationsbogens an den Veranstalter bei. Die Beantwortung der Evaluation ist freiwillig.

**Fax-Nr. 0911 – 37 82 01 44**

**Bitte bewerten Sie nach dem Schulnoten-System (1 = ja, sehr, 6 = gar nicht)**

	1	2	3	4	5	6
A) Meine Erwartungen hinsichtlich der Fortbildung haben sich erfüllt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B) Während des Durcharbeitens habe ich fachlich gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C) Der Text hat Relevanz für meine praktische Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D) Die Didaktik, die Eingängigkeit und die Qualität des Textes sind sehr gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E) Der Aufwand für die Bearbeitung hat sich (zeitlich und organisatorisch) gelohnt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F) In der Fortbildung wurde die Firmen- und Produktneutralität gewahrt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G) Diese Form der Fortbildung möchte ich auch zukünftig erhalten:	<input type="checkbox"/> ja		<input type="checkbox"/> nein			
H) Meine Fortbildungen verteilen sich prozentual wie folgt:	___ % Präsenzveranstaltungen ___ % digitale Fortbildung (Online, CD) ___ % schriftliche Fortbildungen					

I) Wurden aus der Sicht Ihrer täglichen Praxis heraus wichtige Aspekte der Thematik nicht erwähnt?  ja  nein Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

zu knapp abgehandelt?  ja  nein Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

überbewertet?  ja  nein Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

J) Welche Wünsche bleiben für künftige Fortbildungen offen?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

